



**INVENTARISASI DAN UJI KEMAMPUAN PELARUTAN KALIUM  
OLEH MIKROBA PELARUT KALIUM DARI RHIZOSFER TANAMAN  
TEBU (*Saccharum Officinarum*)**

**SKRIPSI**

**Oleh:**

**Laily Mutmainnah  
NIM. 111510501129**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**



**INVENTARISASI DAN UJI KEMAMPUAN PELARUTAN KALIUM  
OLEH MIKROBA PELARUT KALIUM DARI RHIZOSFER TANAMAN  
TEBU (*Saccharum Officinarum*)**

**SKRIPSI**

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat  
untuk menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1)  
dan mencapai gelar Sarjana Pertanian

Oleh:

**Laily Mutmainnah  
NIM. 111510501129**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER  
2015**

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk :

1. Ibunda Djumriah dan Ayahanda M. Dacki serta Kakak A. T. Akbar tercinta, terima kasih atas do'a dan dukungan yang selalu mengiringi langkahku selama menuntut ilmu, kesabaran, pengorbanan dan kasih sayang yang diberikan selama ini.
2. Aji Septian Handoko Putra beserta keluarga, terima kasih atas kesabaran, semangat dan dukungannya selama ini.
3. Teman-teman yang selalu membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, Aggriani Fitria dan Anggita Permata, terimakasih telah mendukung dan menghiburku hingga saat ini.
4. Teman-teman D'Agrotek yang selalu ada dan berjuang bersama-sama, terimakasih atas perlakuan terbaik sejak awal kuliah hingga saat ini.
5. Guru – guruku sejak taman kanak – kanak sampai dengan perguruan tinggi, yang telah menuntun, membimbing dan memberi ilmu dengan penuh kasih sayang dan kesabaran.
6. Almamater Fakultas Pertanian – Universitas Jember.

**MOTTO**

Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum bila mereka sendiri tidak mau merubah dirinya  
(QS. Ar-Ra'du : 11)<sup>\*)</sup>

Allah akan mengangkat derajat hambanya yang beriman dan berilmu, adapun Allah mengetahui terhadap apapun yang engkau lakukan.  
(QS. Al-Mujadalah : 11)<sup>\*)</sup>

Janganlah kamu bersikap lemah, dan janganlah pula kamu bersedih hati, padahal kamulah orang-orang yang paling tinggi derajatnya, jika kamu orang-orang yang beriman.  
(QS. Al-Imran : 139)<sup>\*)</sup>

Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain).  
(QS. Al-Insyirah ayat 6-7)<sup>\*)</sup>

Entah akan berkarir atau menjadi ibu rumah tangga, seorang wanita wajib berpendidikan tinggi, karna ia akan menjadi ibu. Ibu-ibu cerdas menghasilkan anak-anak cerdas.  
(Sian Sastrowardoyo, 2015)

Tak ada orang berlatih untuk menduduki tempat kedua.  
(Justin Herald, 2008)

Sekali hidup berarti. Setelah itu Mati.  
(Justin Herald, 2008)

*The world is not what it seems.*  
(Anonim, 2015)

---

<sup>\*)</sup> Departemen Agama Republik Indonesia. 2008. *Al Qur'an dan Terjemahannya*. Bandung: CV Penerbit Diponegoro.

**PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Laily Mutmainnah

NIM : 111510501129

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “Inventarisasi dan Uji Kemampuan Pelarutan Kalium oleh Mikroba Pelarut Kalium dari Rhizosfer Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum*)” adalah benar – benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi manapun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 11 September 2015

Yang Menyatakan,

Laily Mutmainnah

NIM.111510501129

**SKRIPSI**

**INVENTARISASI DAN UJI KEMAMPUAN PELARUTAN KALIUM  
OLEH MIKROBA PELARUT KALIUM DARI RHIZOSFER TANAMAN  
TEBU (*Saccharum officinarum*)**

Oleh

**Laily Mutmainnah  
NIM 111510501129**

**Pembimbing:**

**Dosen Pembimbing utama : Dr. Ir. Tri Candra Setiawati, M. Si.  
NIP. 19650231 99302 2001**  
**Dosen Pembimbingan Anggota : Ir. Arie Mudjiharjati, MS.  
NIP. 19500715 197703 2001**

**PENGESAHAN**

Skripsi berjudul “**Inventarisasi dan Uji Kemampuan Pelarutan Kalium oleh Mikroba Pelarut Kalium dari Rhizosfer Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum*)**” telah diuji dan disahkan pada :

hari, tanggal : Jum’at, 11 September 2015

tempat : Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Tim Penguji :

**Penguji,**

**Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si.  
NIP. 19640322 198903 1001**

**Dosen Pembimbing Utama,**

**Dosen Pembimbing Anggota,**

**Dr. Ir. Tri Candra S., M.Si.  
NIP 19650523 199302 2001**

**Ir. Arie Mudjiharjati, MS.  
NIP 19500715 197703 2001**

**Mengesahkan  
Dekan,**

**Dr. Ir. Jani Januar, M.T.  
NIP 195901021988031002**

## RINGKASAN

**Inventarisasi dan Uji Kemampuan Pelarutan kalium oleh Mikroba Pelarut Kalium dari Rhizosfer Tanaman Tebu (*Saccharum* sp.):** Laily Mutmainnah, 111510501129; 2015: Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.

Kalium merupakan salah satu unsur hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah melebihi kebutuhan tanaman akan hara fosfor. Bagi tanaman tebu, kalium berfungsi dalam menentukan panjang batang tebu yang dapat digiling dan jumlah batang anakan. Kalium juga berperan penting dalam proses sintesis dan translokasi sukrosa dari daun ke jaringan simpanan sukrosa di batang tebu. Pemasokan unsur hara bagi tanaman paling utama melalui tanah. Jumlah kalium dalam tanah cukup banyak sekitar 2,3% dari kerak bumi yang terdiri dari 90% - 98% dalam bentuk mineral dan 2%- 10% tersedia bagi tanaman. Pelarutan kalium salah satunya dilakukan oleh mikroba yang berada pada daerah perakaran tanaman. Kemampuan mikroba dalam melarutkan mineral tanah berbeda-beda. Mikroba dengan kemampuan pelarutan yang tinggi mampu melarutkan kalium yang terikat pada mineral.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengisolasi mikroba pelarut kalium dari rhizosfer tanaman tebu dan untuk mengetahui kemampuannya dalam melarutkan berbagai mineral pembawa kalium.

Penelitian ini dilaksanakan mulai Bulan Desember 2014 sampai Bulan Maret 2015. Pengambilan contoh tanah dilakukan di Daerah Semboro, Pradjekan dan Asembagus dengan masing-masing lima titik pengambilan contoh. Analisis kimia dilakukan berdasarkan daerah pengambilan contoh berupa pH tanah, kalium total dan kalium dapat ditukar. Mikroba diisolasi pada media aleksandrov agar berdasarkan titik pengambilan contoh. Mikroba yang tumbuh dan mampu membentuk zona bening dianggap sebagai mikroba pelarut kalium. Masing-masing satu mikroba yang dianggap unggul diuji kemampuannya pada media aleksandrov agar dengan berbagai sumber kalium ( $K_2HPO_4$ , Feldspar Jepara, Trakhit Barru, Leusit Pati dan Leusit Situbondo). Pengamatan pada media aleksandrov agar berupa perhitungan diameter mikroba dan diameter zona bening

yang terbentuk. Perbandingan kedua diameter tersebut merupakan rumus perhitungan dari Indeks Pelarutan (IP). Selain itu mikroba terpilih juga diuji pada media aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium untuk dilihat kemampuannya berupa hasil Kalium Dapat Ditukar (K-dd). Hasil indeks pelarutan dan kalium dapat ditukar dihubungkan menggunakan analisis korelasi. Mikroba yang memiliki indeks pelarutan tertinggi dikoleksi di Laboratorium Biologi Tanah. Analisis kalium total dan kalium dapat ditukar dilakukan menggunakan alat AAS.

Hasil penelitian ini adalah terdapat lima belas jenis mikroba berdasarkan titik pengambilan contoh yang diuji pada media aleksandrov agar dan cair dengan berbagai sumber kalium. Hasil perhitungan indeks pelarutan menunjukkan bahwa lima belas mikroba memiliki kemampuan yang searah dalam melarutkan berbagai sumber kalium. Masing-masing dua mikroba berdasarkan daerah pengambilan contoh dengan IP tertinggi dijadikan koleksi Laboratorium, yakni mikroba A1a, A4b, P1b, P2b, S2a dan S4b. Lima belas mikroba terpilih awal juga diuji pada media aleksandrov cair. Media aleksandrov cair tersebut dianalisis untuk diketahui nilai kalium dapat ditukar (K-dd). Nilai IP dan K-dd menunjukkan hubungan yang lemah pada setiap perlakuan sumber kalium. Pada media aleksandrov cair dengan sumber kalium Feldspar Jepara, mikroba S3b memiliki K-dd tertinggi yakni 12,25 ppm. Pada media aleksandrov cair dengan sumber kalium Feldspar Jepara, mikroba S3b memiliki K-dd tertinggi yakni 12,25 ppm. Sedangkan pada media aleksandrov cair dengan sumber kalium Trakhit Barru, Leusit Pati dan Leusit Situbondo secara berturut-turut adalah mikroba P5a, A3a dan S3b, yakni 6,34 ppm, 18,17 ppm dan 4,59 ppm.

## SUMMARY

**Inventory and Test of Potassium Solubilization Ability using Potassium Solubilizing Microorganism from Rhizosphere of Sugarcane Plant (*Saccharum* sp.):** Laily Mutmainnah, 111510501129; 2015: Agrotechnology Study Program, Faculty of Agriculture, Jember University

The Potassium is one of the macronutrients required by plants more than the plant's need for phosphorus nutrients. For sugarcane plant, potassium has a role in determining the length of cane that can be milled and the number of tillers. Potassium also plays an important role in the synthesis and translocation process of sucrose from the leaves to the storage tissue of sucrose in the cane. The supply of nutrients for crops mainly happens through the soil. The amount of potassium in the soil is quite a lot, around 2.3% of the Earth's crust which is made up of 90% - 98% in the form of minerals and 2% - 10% available for the plants. One way to dissolve the potassium is by using the microorganisms which reside in the root of plants. The ability of microorganisms in dissolving the soil minerals may vary. Microorganisms with a high solubilizing ability are able to dissolve the potassium bound to the mineral.

The aim of this study is to isolate the potassium Solubilizing microorganism from rhizosphere of sugarcane plant and to determine their ability to dissolve various minerals potassium carrier.

This study was conducted from December 2014 to March 2015. The sampling of soil is taken in Semboro, Pradjekan, and Asembagus with five sampling point for each area. Chemical analysis carried out based on the sampling areas such as soil pH, the total of potassium and exchangeable potassium. The microorganisms were isolated on Aleksandrov agar medium based on their sampling point. Microorganisms which had the capability to grow and to form a clear zone were considered as Potassium solubilizing microorganism. One microorganism which was considered superior from each Aleksandrov medium was tested using various potassium sources ( $K_2HPO_4$ , Feldspar Jepara, Trakhit Barru, Leucite Pati and Leucite Situbondo). The observation on Aleksandrov agar medium is the calculation of the microorganism's diameter and the clear zone

formed. The comparison of both diameters is the formula from Solubilization index (SI). Besides that, the selected microbial was also tested on Aleksandrov liquid medium with different sources of potassium to see their ability to form exchangeable Potassium (K-dd). The result of Solubilization index and exchangeable potassium were connected using correlation analysis. Microorganisms with the highest solubilization index were collected in the Laboratory of Soil Biology. The analysis total of potassium and exchangeable potassium were performed using AAS instrument.

The result of this research was that there were fifteen types of microorganism based on the sampling points tested on Aleksandrov agar and liquid medium with various sources of potassium. The calculation of solubilization index showed that fifteen microorganisms had the ability to dissolve various sources of potassium. Two microorganisms with the highest SI from each sampling point were used as Laboratory collection, namely microbial A1a, A4b, P1B, P2B, S2A and S4b. The fifteen selected microorganisms are also tested using Aleksandrov liquid medium. Aleksandrov liquid medium was analyzed to discover the value of exchangeable potassium (K-dd). The value of SI and K-dd showed a weak relationship to each treatment of potassium sources. On Aleksandrov liquid medium with a potassium source from Feldspar Jepara, S3B microorganism had the highest K-dd which is 12.25 ppm. On the other hand, the result of Aleksandrov liquid medium using potassium source Trakhit Barru, Leucite Pati and Leucite Situbondo, respectively, were microorganism P5a, A3a, and S3B with value of 6.34 ppm, 18.17 ppm and 4.59 ppm.

## PRAKATA

Puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Inventarisasi dan Uji Kemampuan Pelarutan Kalium oleh Mikroba Pelarut Kalium dari Rhizosfer Tanaman Tebu (*Saccharum Officinarum*)**”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Agroteknologi Fakultas pertanian Universitas Jember.

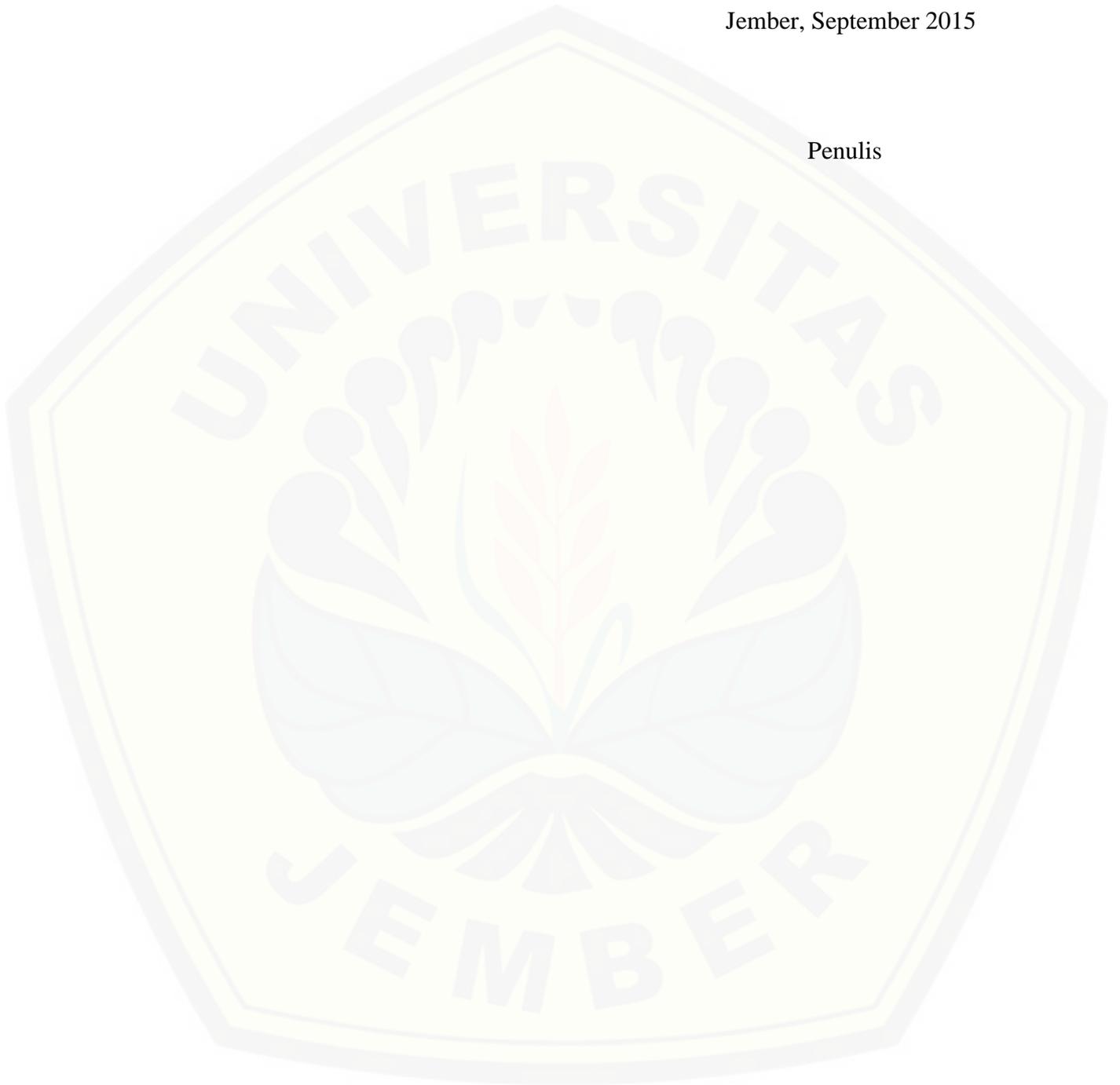
Keberhasilan selama penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. Jani Januar, M.T., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember;
2. Ir. Hari Purnomo, M.Si., Ph.D., DIC., selaku Ketua Program Studi Agroteknologi;
3. Prof. Dr. Ir. Wiwiek Sri Wahyuni, MS., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing selama masa perkuliahan;
4. Dr. Ir. Tri Candra S., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama, Ir. Arie Mudjiharjati, MS., selaku Dosen Pembimbing Anggota., dan Dr. Ir. Sugeng Winarso, M.Si., selaku Dosen Penguji yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
5. Ibunda Djumriah dan Ayahanda M. Dacki serta Kakak A. T. Akbar yang telah memberikan do'a, semangat, dan dukungan hingga terselesaikannya skripsi ini;
6. Aji Septian Handoko Putra beserta keluarga, yang telah mendukung dan memberi semangat selama ini;
7. Sahabatku Anggrik, Anggita, Alan, Robi, Faishal, Amir, Khalim, Ulya, David, Mas Wahyu Kusumandaru, Mas Fahmi Bombom, yang telah memberikan semangat dan bantuannya;
8. Keluarga Besar Kelas D'Agroteknologi '11, dan Tanah '11 dan '10 Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah menambah warna hidup selama ini;
9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Jember, September 2015

Penulis



**DAFTAR ISI**

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	ii
<b>MOTTO</b> .....	iii
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>HALAMAN PEMBIMBING</b> .....	v
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	vi
<b>RINGKASAN</b> .....	vii
<b>SUMMARY</b> .....	ix
<b>PRAKATA</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xviii
<b>BAB 1. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	5
1.3 Tujuan dan Manfaat .....	5
1.4 Hipotesis .....	6
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Kalium Dalam Tanah .....	7
2.2 Rhizosfer Tanaman Tebu .....	9
2.3 Mikroba Pelarut Kalium .....	11
2.4 Mineral Silikat .....	12
2.5 Mineral Kalium .....	16
2.6 Pelarutan Mineral .....	19
<b>BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat .....	22
3.2 Bahan dan Alat .....	22
3.3 Metode Penelitian .....	22
3.4 Variabel Pengamatan .....	22
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	23
3.6 Analisis Data .....	27
<b>BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1 Analisis Kimia .....	28
4.2 Inventarisasi Mikroba Pelarut Kalium .....	29
4.3 Pertumbuhan Mikroba Pelarut Kalium dan Pembentukan Zona Bening pada Media Aleksandrov Agar dengan Berbagai Sumber Kalium .....	32
4.3.1 $K_2HPO_4$ sebagai Sumber Kalium .....	33
4.3.2 Feldspar Jepara sebagai Sumber Kalium .....	36
4.3.3 Trakhit Barru sebagai Sumber Kalium .....	39
4.3.4 Leusit Pati sebagai Sumber Kalium .....	41

4.3.5 Leusit Situbondo sebagai Sumber Kalium .....	44
4.4 Jumlah Kalium Dapat Ditukar pada Media Aleksandrov Cair dengan Berbagai Sumber Kalium .....	47
4.4.1 $K_2HPO_4$ sebagai Sumber Kalium .....	47
4.4.2 Feldspar Jepara sebagai Sumber Kalium .....	49
4.4.3 Trakhit Barru sebagai Sumber Kalium .....	51
4.4.4 Leusit Pati sebagai Sumber Kalium .....	53
4.4.5 Leusit Situbondo sebagai Sumber Kalium .....	55
4.5 Pembahasan Umum .....	57
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1 Kesimpulan .....	68
5.2 Saran .....	68
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	70
<b>LAMPIRAN</b> .....	73

**DAFTAR TABEL**

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Komposisi kimia feldspar jepara .....	17
2.2	Komposisi kimia leusit secara umum .....	18
2.3	Komposisi kimia leusit situbondo .....	18
2.4	Komposisi kimia leusit pati .....	18
2.5	Tingkat kekerasan mineral dalam skala mohs .....	20
4.1	Analisis kimia berdasarkan daerah pengambilan contoh tanah .....	28
4.2	Nilai kalium dapat ditukar berdasarkan jumlah kalium total pada daerah pengambilan contoh tanah .....	29
4.3	Jumlah isolat mikroba dari lima belas contoh tanah .....	30
4.4	Rata-rata diameter pertumbuhan mikroba, diameter zona bening dan nilai indeks pelarutan kalium oleh lima belas mikroba pelarut kalium terpilih .....	31
4.5	Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan $K_2HPO_4$ sebagai sumber kalium .....	48
4.6	Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan Feldspar Jepara sebagai sumber kalium .....	50
4.7	Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan Trakhit Barru sebagai sumber kalium.....	52
4.8	Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan Leusit Pati sebagai sumber kalium .....	54
4.9	Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan Leusit Situbondo sebagai sumber kalium .....	56
4.10	Indeks pelarutan oleh lima belas mikroba terpilih dengan berbagai sumber kalium .....	57
4.11	Jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) pada media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium .....	59
4.12	Efisiensi pelarutan kalium dari berbagai sumber kalium ...	63

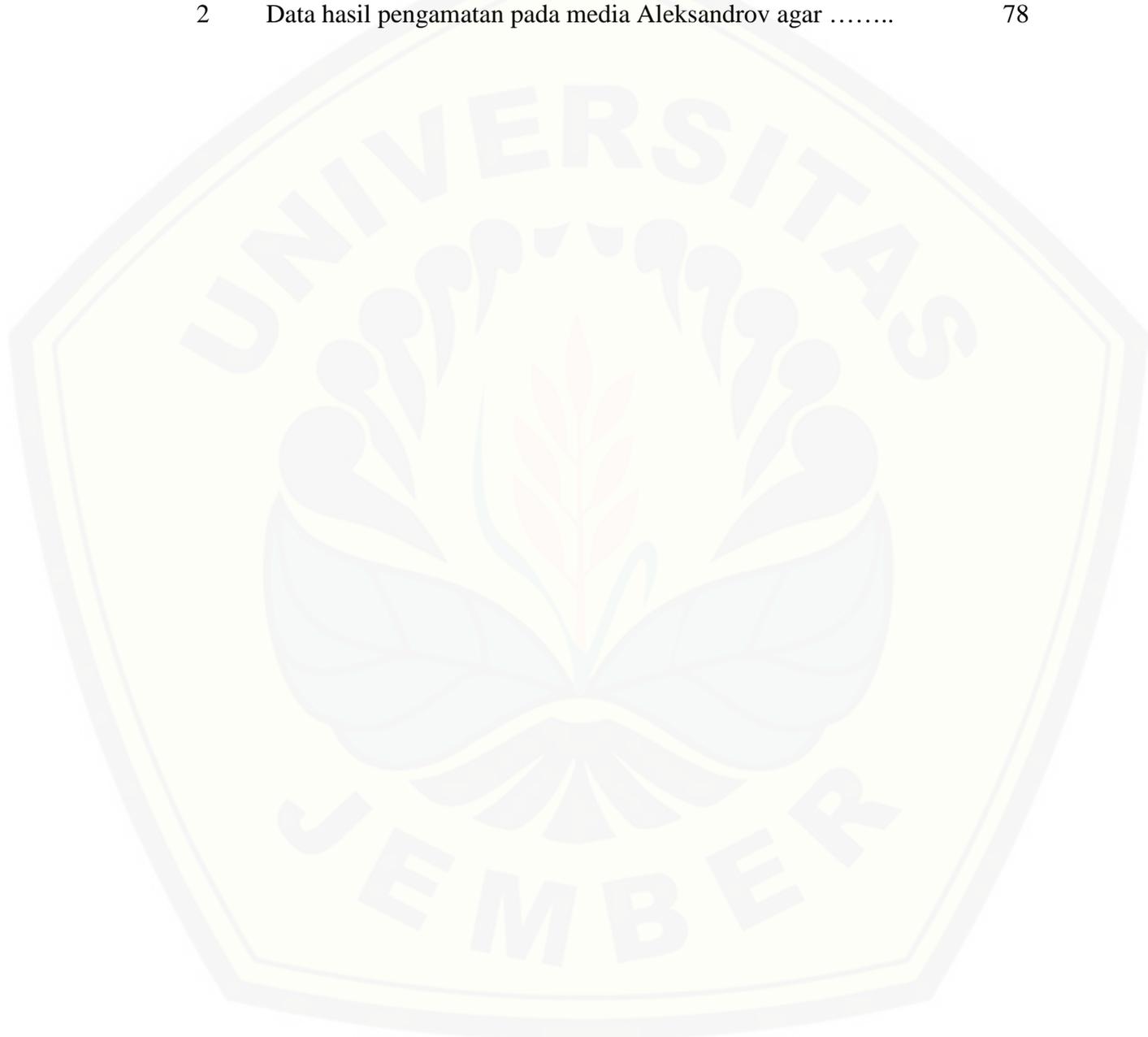
**DAFTAR GAMBAR**

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
2.1	Hubungan tiga bentuk kalium dalam tanah pada sistem tanah dan tanaman .....	8
2.2	Struktur grup orthosilikat (nesosilikat) .....	12
2.3	Struktur grup inosilikat tunggal .....	13
2.4	Struktur grup inosilikat ganda .....	14
2.5	Struktur grup filosilikat .....	14
2.6	Struktur grup tektosilikat .....	15
4.1	Rata-rata indeks pelarutan kalium oleh lima belas mikroba pelarut kalium terpilih pada media Aleksandrov Agar dengan sumber kalium $K_2HPO_4$ pada pengamatan terahir .....	32
4.2	Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium $K_2HPO_4$ ...	34
4.3	Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium $K_2HPO_4$ .....	34
4.4	Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium $K_2HPO_4$ .....	35
4.5	Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Feldspar Jepara .....	37
4.6	Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Feldspar Jepara .....	37
4.7	Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Feldspar Jepara ...	38
4.8	Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Trakhit Barru ....	39
4.9	Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Trakhit Barru .....	40
4.10	Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Trakhit Barru ....	41
4.11	Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Pati .....	42
4.12	Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Pati .....	42
4.13	Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Pati .....	43

4.14	Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Situbondo .....	45
4.15	Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Pati .....	45
4.16	Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Situbondo .....	46
4.17	Jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) pada media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium tanpa pemberian mikroba .....	62
4.18	Struktur mineral Feldspar (a) dan mineral Leusit (b) .....	64
4.19	Jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) tertinggi pada masing-masing media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium .....	65

**DAFTAR LAMPIRAN**

<b>Nomor</b>	<b>Judul</b>	<b>Halaman</b>
1	Foto Jenis Mikroba pada Media Aleksandrov Agar dengan Berbagai Sumber Kalium yang Dikoleksi di Laboratorium Biologi Tanah .....	73
2	Data hasil pengamatan pada media Aleksandrov agar .....	78



## BAB 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanaman dalam hidupnya membutuhkan makanan sebagai asupan nutrisi. Nutrisi yang dibutuhkan tanaman dalam bidang pertanian biasa disebut dengan unsur hara. Unsur hara dibedakan menjadi dua jenis, yakni unsur hara makro dan unsur hara mikro. Unsur hara makro merupakan nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang cukup besar. Sedangkan unsur hara mikro adalah nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang tidak banyak atau relatif sedikit.

Terdapat 16 unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman (unsur hara esensial). Yang termasuk dalam unsur hara makro adalah Karbon (C), Hidrogen (H), Oksigen (O), Nitrogen (N), Fosfor (P), Kalium (K), Calcium (Ca), Magnesium (Mg) dan Belerang (S). Sedangkan yang termasuk dalam unsur hara mikro adalah Seng (Zn), Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Molibdenum (Mo), Boron (Bo), Besi (Fe), dan Klor (Cl). Unsur hara esensial merupakan unsur hara utama yang wajib terpenuhi bagi tanaman, termasuk unsur hara mikro, meskipun jumlah yang dibutuhkan hanya sedikit, namun tetap harus tersedia bagi tanaman.

Tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) merupakan salah satu tanaman unggulan perkebunan di Indonesia. Tanaman tebu digunakan sebagai bahan baku gula dan vetsin. Sampai tahun 2011, Indonesia sebagai Negara dengan produksi tanaman tebu yang tinggi menduduki peringkat sebelas (11) dalam skala internasional. Luas lahan tanaman tebu di Indonesia sampai tahun 2013 sekitar 469,227 Ha. Luas ini meningkat dari tahun sebelumnya yang hanya sekitar 451,255 Ha. Namun, meskipun luas area lahan tanaman tebu di Indonesia meningkat, produktivitas tanaman tebu tahun 2013 mengalami penurunan dibanding tahun 2012. Dari sebelumnya (2012) produksi tanaman tebu yang mencapai 5,770 ton/Ha merosot menjadi 5,473 ton/Ha pada tahun 2013. Jumlah ini diperkirakan akan menurun pada tahun 2014 (Direktorat Jendral Perkebunan, 2013).

Ada beberapa hal yang menyebabkan penurunan produktifitas tanaman di Inonesia. Selain iklim dan cuaca yang sering berubah, keterbatasan unsur hara yang tersedia bagi tanaman juga semakin menipis. Unsur hara bagi tanaman tebu terutama tersedia dalam tanah. Tanah di Indonesia sendiri semakin lama mengalami kemunduran produktifitas. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya bahan kimia yang digunakan petani untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Namun demikian, petani masih kurang menyadari dampak dari banyaknya bahan kimia yang digunakan hingga menyebabkan tanah mengalami stress dan mati atau tidak dapat berproduksi kembali.

Salah satu unsur hara yang dibutuhkan dan sangat penting bagi kehidupan tanaman tebu adalah unsur hara kalium (K). Secara umum, kalium bagi tanaman berfungsi sebagai penunjang aktivitas fisiologis tanaman, seperti mengaktifkan sebagian jenis enzim tanaman terutama yang berperan dalam membantu proses fotosintesis, mempertahankan turgor sel, membantu penyerapan nitrogen, sintesis protein, sintesis pati dalam daun dan lain sebagainya (Soemarno, 2011)

Bagi tanaman tebu, kalium berfungsi dalam menentukan panjang batang tebu yang dapat digiling dan jumlah batang anakan. Kalium juga berperan penting dalam proses sintesis dan translokasi sukrosa dari daun ke jaringan simpanan sukrosa di batang tebu. Fungsi kalium sebagai aktivator berbagai jenis enzim terbukti dalam penelitian Hadisaputro (2008) yang menyatakan bahwa kalium dapat meningkatkan aktivitas salah satu enzim fotosintesis secara nyata, yakni enzim *Phosphoenolpyruvate Carboxylase* (PEP-Case) yang banyak berperan dalam proses fotosintesis.

Sumber nutrisi tanaman tebu yang utama adalah melalui tanah. Begitupula dengan hara kalium yang dibutuhkan tanaman tebu berasal dari tanah ataupun dari pupuk yang disalurkan melalui tanah. Sumber utama kalium dalam tanah berasal dari pelapukan-pelapukan mineral, seperti mika, biotit, feldspar dan lain-lain. Kalium yang berasal dari mineral-mineral anorganik tersebut sulit larut dalam tanah. Akibatnya, kalium dalam tanah, terutama pada tanah yang akan ditanami tebu akan menjadi tidak tersedia. Dampaknya adalah rendemen tanaman tebu akan

menurun seiring menurunnya asupan nutrisi yang diterima oleh tanaman tebu (Hadisaputro dkk., 2008)

Kalium merupakan unsur hara makro ketiga setelah nitrogen dan fosfor. Kalium diserap tanaman dalam jumlah mendekati atau terkadang melebihi jumlah serapan nitrogen. Tanaman akan mengalami penurunan produksi apabila kalium dalam tanah tidak dapat mencukupi kebutuhan tanaman. Kalium diserap tanaman dalam bentuk ion  $K^+$ . Kadar kalium dikerak bumi cukup banyak, yakni sekitar 2,3% yang sebagian besar terikat dalam mineral primer atau terfiksasi dalam mineral sekunder dari mineral lempung. Kalium tersedia dalam tanah tidak selalu tetap dalam keadaan tersedia, tetapi masih berubah menjadi bentuk yang lambat untuk diserap oleh tanaman. Hal ini disebabkan oleh kalium tersedia yang mengadakan keseimbangan dengan kalium bentuk-bentuk lainnya (Selian, 2008).

Keberadaan unsur hara dalam tanah salah satunya dipengaruhi oleh mikroba yang ada di dalamnya. Habitat mikroba yang sangat baik adalah pada daerah rhizosfer. Interaksi antara tanaman dengan mikroba di daerah rhizosfer memiliki peranan dalam aktifitas mikroba dan ketersediaan unsur hara. Ketika mikroba tanah memakan bahan organik atau makanan yang lain, sebagian hara yang tersedia disimpan didalam tubuh mereka dan hara yang tidak diperlukan dikeluarkan melalui kotoran mereka. Hara di dalam kotoran mikroba tanah ini dapat diserap oleh akar tanaman. Populasi mikroba yang berada pada daerah rhizosfer berperan dalam ketersediaan hara bagi tanaman. Mikroba tanah memperbanyak diri dan aktif dalam penyediaan unsur hara bagi tanaman dengan cara melepaskan unsur hara yang “terikat” menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Sebagian mikroba tanah bersimbiosis dengan akar tanaman dan dapat membantu akar tanaman menyerap hara lebih banyak (Soemarno, 2010). Unsur hara yang tidak tersedia bagi tanaman umumnya masih terikat pada mineral pembawa unsur hara tersebut.

Sumber kalium alam yang digunakan untuk produksi pupuk umumnya berasal dari endapan kalium sedimenter yang terdiri dari silvit atau senyawa kompleks-klorit dan sulfat. Sumber kalium tersebut mudah larut dalam air, sehingga cocok untuk bertindak sebagai pupuk kalium. Tanaman pada umumnya

menyerap kalium secara alamiah dari pelapukan mineral kalium, kompos dan sisa tumbuhan. Mineral pembawa kalium yang paling umum adalah K-Feldspar, leusit, biotit, phlogopit dan glaukonit serta mineral lempung (ilit). Sedangkan batuan silikat kaya kalium yang cepat lapuk adalah batuan vulkanik pembawa leusit (Basyuni, 2009)

Jumlah kalium di dalam tanah relatif lebih banyak dibandingkan fosfor, tetapi sebagian kalium terfiksasi oleh mineral pembawa kalium sehingga sulit tersedia bagi tanaman. Kalium dalam tanah yang tersedia bagi tanaman hanya berkisar 2-10%, sedangkan 90-98% dalam bentuk mineral. Berdasarkan jumlah mineral pembawa kalium yang cukup banyak, penggunaan mineral pembawa kalium yang berstruktur silikat lebih dianjurkan untuk dijadikan pupuk alam (termasuk didalamnya K-feldspar, leusit, biotit, batuan trakhit dan phlogopit). Pupuk alam akan melepaskan unsur hara secara lambat untuk jangka panjang. Pelepasan unsur hara dapat dipercepat dengan bantuan mikroba tertentu (Basyuni, 2009). Kemampuan mikroba dalam melarutkan unsur hara dapat menambah jumlah unsur hara yang dapat diserap oleh tanaman.

Penggunaan bahan kimia (pupuk kimia) dalam memenuhi kebutuhan nutrisi tanaman tebu saat ini digunakan sebagai solusi oleh para petani. Namun demikian, penggunaan bahan kimia yang berlebih akan berakibat terhadap penurunan produktivitas tanah. Pada era saat ini, keberlanjutan dari sistem pertanian harus diutamakan agar lahan-lahan pertanian dapat digunakan untuk kehidupan masa depan.

Untuk mengurangi pemakaian bahan kimia yang berlebih, kalium didalam tanah harus menjadi tersedia bagi tanaman terutama tanaman tebu yang sangat membutuhkan nutrisi kalium. Pelepasan kalium dari mineral-mineralnya dapat dilakukan oleh mikroba tertentu yang berada didalam tanah. Kebutuhan tanaman tebu akan hara kalium akan memaksa tanah untuk menyediakan kalium bagi tanaman tebu. Oleh sebab itu, disekitar perakaran tanaman tebu terdapat berbagai jenis mikroba yang salah satunya akan melepaskan kalium dari mineral-mineral kalium. Dari pemikiran tersebut, maka dilakukanlah penelitian guna untuk mengetahui keberadaan mikroba khususnya mikroba yang dapat melarutkan

kalium dengan uji lanjutan kemampuan mikroba tersebut dalam melarutkan kalium yang terkandung dalam beberapa mineral tanah. Penelitian ini nantinya dapat digunakan sebagai pedoman ataupun acuan dalam penambahan mikroba tertentu untuk membantu kebutuhan kalium bagi tanaman khususnya tanaman tebu.

### **1.1 Rumusan Masalah**

Masalah yang timbul dari uraian latar belakang diatas adalah :

1. Adakah mikroba pelarut kalium di dalam tanah khususnya di rhizosfer (daerah perakaran) tanaman tebu (*Saccharum officinarum*)?
2. Apakah mikroba yang berada di rhizosfer tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) mampu melarutkan kalium yang masih terikat pada beberapa mineral pembawa kalium?
3. Bagaimana pelarutan mineral kalium oleh mikroba pelarut kalium yang berasal dari rhizosfer tanaman tebu (*Saccharum officinarum*)?

### **1.2 Tujuan dan Manfaat**

#### **1.2.1 Tujuan**

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah :

1. Untuk mengisolasi mikroba pelarut kalium di dalam tanah khususnya di rhizosfer (daerah perakaran) tanaman tebu (*Saccharum officinarum*),
2. Untuk mengetahui kemampuan mikroba pelarut kalium yang ditemukan di rhizosfer tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) dalam melarutkan kalium dari beberapa jenis sumber kalium.

#### **1.2.2 Manfaat**

Manfaat yang dapat diambil dari penelitian ini adalah dapat memberikan rekomendasi bahwa para petani dapat mengurangi bahkan menghilangkan kebiasaan menggunakan pupuk kimia khususnya kalium dalam memenuhi kebutuhan hara kalium tanaman tebu. Penggunaan pupuk kimia dapat digantikan

dengan menambahkan mikroba yang ditemukan dapat melarutkan kalium dalam tanah.

### 1.3 Hipotesis

Hipotesis yang muncul dari penelitian ini adalah :

1. Terdapat mikroba dalam tanah disekitar perakaran tanaman tebu yang mampu melarutkan kalium dari berbagai sumber mineral kalium.
2. Masing-masing mikroba yang ditemukan memiliki kemampuan yang berbeda dalam melarutkan kalium dari berbagai sumber mineral pembawa kalium baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

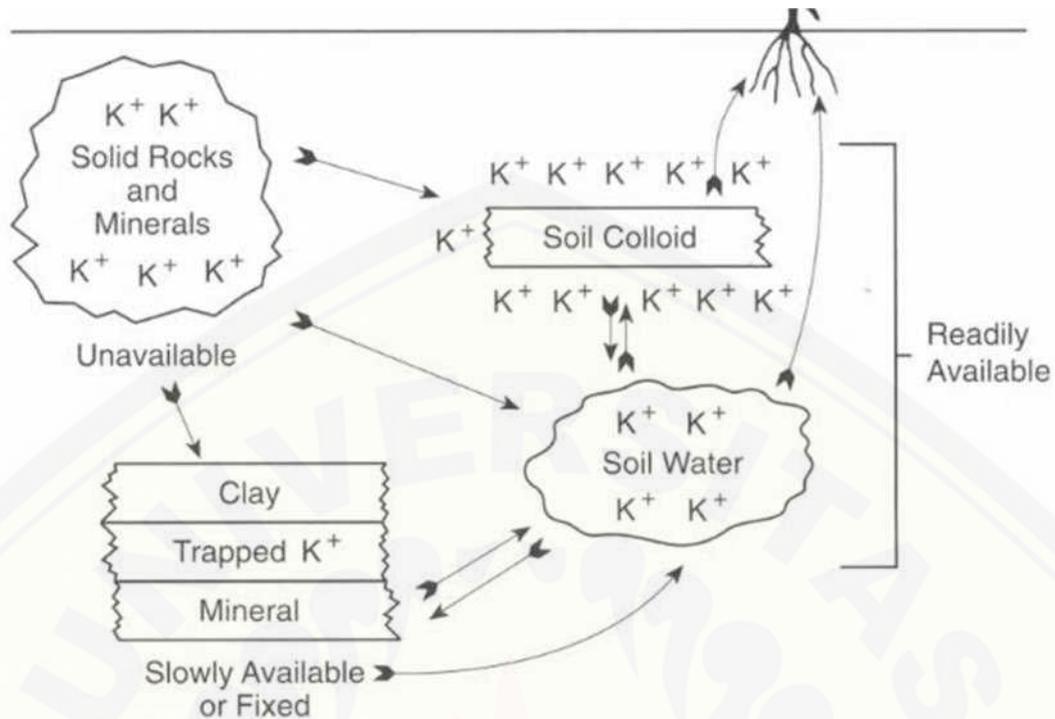
## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kalium Dalam Tanah

Tanah mempunyai peranan yang sangat penting bagi kehidupan tanaman. Tanah selain sebagai tempat penyokong kehidupan tanaman, juga berperan sebagai penyedia unsur hara atau makanan bagi tanaman. Berbagai perubahan yang terjadi didalam tanah akan sulit sekali disajikan secara rinci mengingat tanah sebagai suatu tubuh yang kompleks. Guna mencapai produksi tanaman yang optimum maka berbagai aspek perlu diperhatikan. Status hara dan keseimbangannya dalam tanah akan membantu dalam menunjang hasil produksi yang ingin dicapai (Selian, 2008).

Kalium (K) merupakan unsur hara makro yang menempati urutan ketiga setelah unsur hara Nitrogen (N) dan Fosfor (P). Namun, kebutuhan tanaman akan kalium jauh melebihi hara fosfor (P). Bahkan untuk tanaman-tanaman tertentu kebutuhan kalium sama dan bisa sedikit lebih banyak dibandingkan kebutuhannya akan hara nitrogen. Aktivitas kalium dalam larutan tanah umumnya rendah. Namun, hal ini berbanding terbalik dengan keberadaan kadar kalium di dalam tubuh tanaman yang cukup tinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa hubungan kalium dalam tanah dan tanaman sangat penting karena terdapat banyak reaksi dalam tanah dan tanaman yang melibatkan hara kalium (Sparks, 2003).

Dalam tanah terdapat tiga (3) bentuk kalium. Ketiga bentuk kalium tersebut berada dalam keseimbangan dalam suatu badan tanah (Sparks, 2003). Sebagian besar tanah terdiri dari mineral-mineral tanah. Mineral tanah terbentuk dari jenis-jenis mineral seperti feldspar, mineral mika, mineral sekunder dan *clay*. Jumlah kalium pada setiap mineral yang berbeda bervariasi, karena tidak semua tanah terbentuk dari jenis mineral dan bahan induk yang sama. Jumlah kalium tersedia atau dapat ditukar berbeda pada setiap lokasi dan jenis tanah (Shapiro, 2004). Total jumlah kalium dalam tanah melebihi 20.000 ppm. Jumlah kalium dalam tanah mayoritas terdapat pada mineral tanah dan tidak tersedia untuk tanaman. Tiga bentuk kalium, yakni tidak tersedia, tersedia perlahan atau tetap, dan tersedia atau ditukar tersedia dalam tanah (Rehm *et al*, 1997).



Gambar 2.1 Hubungan tiga bentuk kalium dalam tanah pada sistem tanah dan tanaman

Kalium dalam bentuk tidak tersedia biasanya terkandung dalam struktur kristal mineral mika, feldspar dan mineral lempung (Schulte, 2012). Mineral feldspar dan mika merupakan jenis mineral yang banyak mengandung kalium.. Kalium tidak tersedia bagi tanaman dalam tanah jumlahnya mencapai 90%-98%. Dalam waktu yang sangat lama terjadi pelapukan mineral dan kalium akan terlepas dari mineral hingga menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Proses pelapukan tersebut sangat lama dan lambat untuk memenuhi kebutuhan kalium bagi tanaman. Selama masa pelapukan, beberapa kalium berubah menjadi bentuk kalium yang perlahan tersedia, dan sebagian dari bentuk perlahan tersedia berubah menjadi bentuk kalium tersedia (Rehm *et al*, 1997). Dalam jangka waktu yang lama dengan berbagai bentuk perubahan cuaca dan iklim, kalium dalam bentuk tidak tersedia terpecahkan dan lepas sebagai ion kalium ( $K^+$ ) atau kalium tersedia. Proses alam seperti ini terlalu lama untuk dapat memasok kebutuhan tanaman akan kalium. Meskipun begitu, tanaman-tanaman tahunan yang hidup dalam

waktu yang cukup lama memperoleh sebagian besar asupan kalium dari proses pelapukan mineral-mineral kalium dalam waktu yang cukup lama (Schulte, 2012).

Kalium lambat atau perlahan tersedia diduga keberadaannya terperangkap diantara lempengan atau piringan beberapa jenis mineral lempung yang kemudian sering disebut dengan kalium dalam bentuk tetap (Schulte, 2012). Tanaman tidak dapat menggunakan kalium perlahan tersedia dalam jumlah yang banyak selama satu musim tanam. Kalium perlahan tersedia dapat menjadi reservoir untuk bentuk kalium tersedia. Beberapa kalium perlahan tersedia dapat dilepas dan menjadi bentuk kalium tersedia untuk digunakan tanaman dan beberapa bentuk kalium tersedia juga dapat menjadi bentuk yang tetap diantara lempengan mineral dan dengan demikian bentuk kalium tersedia menjadi bentuk kalium lambat tersedia (Rehm *et al*, 1997).

Kalium yang terlarut dalam larutan tanah dan tergabung dalam koloid tanah merupakan bentuk kalium tersedia bagi tanaman. Pertukaran kation-kation pada tanah terjadi pada permukaan partikel tanah. Tanaman mudah menyerap kalium yang terkandung dalam larutan tanah. Sehingga dengan segera kalium dalam larutan tanah menurun drastis dan beberapa kalium yang terikat dalam *clay* dilepaskan menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Kalium yang berada pada permukaan partikel tanah lebih mudah diserap oleh tanaman daripada kalium yang terperangkap pada lempengan mineral (Rehm *et al*, 1997).

## 2.1 Rhizosfer Tanaman Tebu

Rhizosfer secara sederhana disebut sebagai daerah perakaran tanaman. Rhizosfer merupakan suatu daerah tanah yang dipengaruhi oleh akar tanaman melalui rhizodeposisi dari eksudat akar (Turner dkk, 2013). Rhizodeposisi adalah sebuah proses ekskresi bahan-bahan organik ke tanah dalam bentuk gula, asam organik dan material sel mati. Sedangkan eksudat merupakan cairan yang keluar dari luka akar yang mengandung berbagai substansi (Anonim, 2012). Eksudat akar mengandung berbagai senyawa yang di dominasi asam organik dan gula, serta asam amino, asam lemak, vitamin, zat pengatur tumbuh, hormone dan senyawa antimikroba. Eksudat akar merupakan penentu utama struktur biologi di daerah

rhizoser. Eksudat akar yang dihasilkan oleh akar tanaman bervariasi tergantung pada jenis tanaman, umur tanaman dan masa pertumbuhan tanaman. Eksudat akar juga dipengaruhi dan mempengaruhi jenis dan jumlah mikroba yang berada pada rhizosfer. Eksudat bukanlah satu-satunya komponen dari rhizodeposisi. Peluruhan sel akar dan pelepasan lendir dari akar juga merupakan komponen dari rhizodeposisi (Turner dkk., 2013).

Daerah rhizosfer merupakan habitat yang sangat baik bagi kehidupan mikroba (Enny, 2013). Interaksi antara tanaman dengan mikroba di daerah rhizosfer memiliki peranan dalam aktivitas mikroba, ketersediaan unsur hara dan dinamika bahan organik tanah. Mikroba tanah berperan dalam proses humifikasi dan mineralisasi atau pelepasan hara, bahkan ikut bertanggungjawab terhadap pemeliharaan struktur tanah (Suntoro, 2003). Mikroba tanah sangat berperan dalam proses mineralisasi bahan-bahan di dalam tanah sehingga menjadi unsur-unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Mikroba tanah juga digolongkan kedalam perekayasa kimia karena berperan menguraikan sisa-sisa tumbuhan yang sudah mati menjadi unsur-unsur hara yang siap diserap oleh tanaman. Dalam proses pedogenesis, mikroba tanah membantu melepaskan unsur hara menjadi bentuk tersedia bagi tanaman dan mempengaruhi pelapukan batuan dan melarutkan mineral (Enny, 2013).

Keberadaan mikroba dalam tanah (termasuk mikroba pelarut kalium) salah satunya bergantung pada eksudat yang dihasilkan oleh tanaman yang berada di atas tanah. Tanaman mengeluarkan eksudat melalui akar tanaman ke rhizosfer, dan mikroba disekitar rhizosfer mendekomposisi senyawa eksudat menjadi energi dan senyawa precursor organik dan anorganik yang bermanfaat bagi mikroba dan juga tanaman itu sendiri. Senyawa eksudat yang biasa dikeluarkan oleh tanaman antara lain senyawa yang mengandung karbohidrat, asam amino, asam organik, enzim dan senyawa-senyawa lainnya yang menjadi sumber nutrisi bagi mikroba yang hidup didalam tanah (Maya, 2011). Selain karbohidrat, asam amino dan asam organik (Bayu, 2015), eksudat tanaman tebu yang utama mengandung glikoprotein (Edi, 2002). Dalam suatu penelitian menyebutkan bahwa tanaman tebu mengeluarkan eksudat akar berupa fraksi anion yang meliputi lima asam

organik, yakni asam sitrat, malat, oksalat glukonat dan asam asetat aksalo. Asam malat merupakan jenis asam organik anion dengan jumlah yang paling banyak yang dikeluarkan pada eksudat akar tanaman tebu dan asam glukonat dengan jumlah yang paling sedikit. Eksudat akar tanaman tebu juga mengeluarkan fraksi-fraksi kation yang terdiri dari tujuh asam amino, yakni asam alanin, valin, asam aspartate, sistin, metionin, treonin dan tirosin, dimana alanine dengan jumlah yang paling banyak dan tirosin dalam jumlah yang paling sedikit. Sedangkan raksi netral yang dihasilkan dari eksudat tanaman tebu meliputi empat jenis gula, yakni fruktosa, sukrosa, arabinose dan rafinosa. Sukrosa merupakan jenis gula yang paling banyak dikeluarkan dari eksudat akar tanaman tebu dan rafinosa dalam jumlah yang paling sedikit (Dhanraj, 2012).

## 2.2 Mikroba Pelarut Kalium

Mikroba pelarut kalium adalah mikroba yang berada di daerah rhizosfer yang dapat melarutkan kalium (K) kedalam bentuk kalium terlarut agar dapat diserap tanaman untuk pertumbuhan tanaman. Pelarutan kalium di tanah dilakukan oleh sejumlah mikroba saprofit khususnya bakteri seperti *Bacillus mucilaginosus*, *Bacillus edaphicus*, *Bacillus circulans*, *Acidothiobacillus ferrooxidans*, *Paenibacillus* spp., serta sejumlah jamur seperti *Aspergillus* spp., dan *Aspergillus terreus*. Mikroba pelarut kalium merupakan mikroba yang penting karena sebagai agen tetap pelarut kalium dalam tanah. Mikroba pelarut kalium yang berada pada daerah rhizosfer menunjukkan interaksi yang efektif antara sistem dalam tanah dan tanaman. Mikroba pelarut kalium membantu penyediaan kalium dengan cara merombak mineral-mineral kalium menjadi ion-ion kalium sehingga dapat dikonsumsi oleh tanaman (Parmar, 2013). Peran mikroba pelarut kalium yang utama adalah asidolisis, pengkkelatan, reaksi pertukaran dan produksi asam organik (Meena, 2014).

Beberapa mikroba pelarut kalium yang telah dilaporkan dapat melarutkan beberapa mineral kalium menjadi bentuk kalium yang dapat diserap oleh tanaman. Mikroba tersebut adalah *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Achidothiobacillus ferroxidans*, *Bacillus mucilaginosus*, *Bacillus edaphius*, *B. circulans* dan

*Paenibacillus* sp. Ketersediaan kalium dalam tanah dipengaruhi oleh pH dan jenis mikroorganisme dalam pelarutan kalium (Parmar, 2013). Dalam penelitian yang lain (Zarjani dkk., 2013) menyebutkan bahwa *Bacillus magaterium* melarutkan kalium dalam jumlah yang lebih banyak dibandingkan *Arthrobacter* sp.

### 2.3 Mineral Silikat

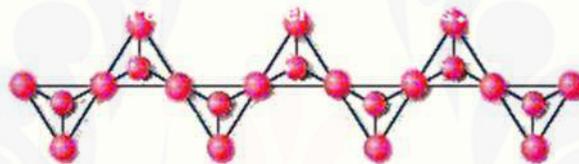
Tanah yang merupakan lapisan paling atas bumi sebagian besar bahan asalnya adalah batuan yang tersusun oleh mineral. Mineral yang paling banyak menyusun batuan adalah mineral primer atau disebut mineral pembentuk batuan. Mineral-mineral ini terdiri dari grup silikat yang mempunyai satuan dasar yang sama yaitu silikat tetrahedron, tetapi berbeda pada pola penyusunan satuan dasar (struktur) dari masing-masing mineral. Perbedaan struktur ini yang menyebabkan perbedaan rumus dan komposisi kimia, ikatan kimia dan ketahanan terhadap terhadap pelapukan. Dari pengukuran pH abrasi, mineral silikat kecuali kuarsa menunjukkan nilai pH diatas 7,0. Hal ini sangat mungkin bahwa mineral silikat ini berwatak seperti senyawa basa (Ismail, 2005).

Mineral pembentuk batuan terdiri dari delapan grup mineral, yakni Ortoklas (K-Feldspar), Plagioklas (Na-Ca-Feldspar), Kuarsa, Amfibol, Piroksen, Biotit dan Muskovit, Olivin dan Feldspatoid. Kedelapan grup mineral ini termasuk dalam kelas mineral silikat yang mempunyai satuan dasar yang sama yaitu satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub>. Satuan dasar ini saling bergabung dengan satuan dasar yang lain membuat rangkaian (kerangka) yang berpola tergantung dari genetiknya. Berdasarkan pola penyusunan satuan dasar tetrahedron-SiO<sub>4</sub>, mineral silikat digolongkan menjadi enam grup, tetapi hanya ada empat grup silikat penting yang berkaitan dengan pembentukan tanah, yakni Orthosilikat (Neosilikat), Inosilikat (tunggal dan ganda), Filosilikat dan Tektosilikat (Ismail, 2005).



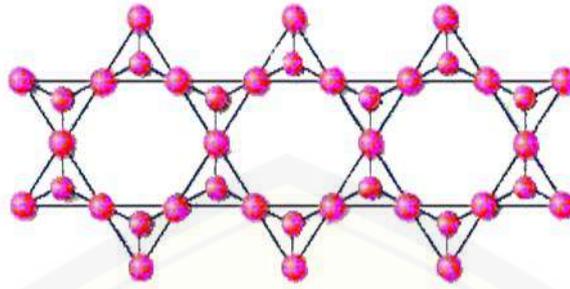
Gambar 2.2 Struktur grup orthosilikat (nesosilikat).

Grup orthosilikat memiliki satuan dasar tetrahedron-SiO<sub>4</sub> pada keadaan bebas, sehingga dalam satu satuan sel (*cel unit*) terdiri dari satu satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub> yang terdapat empat muatan negatif pada keempat ujungnya, [SiO<sub>4</sub>]<sup>4-</sup>. Dalam grup mineral ini, satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub> saling bergabung dengan membentuk polimer. Karena satuan itu bermuatan sejenis (negatif), maka untuk membentuk polimer membutuhkan penghubung. Penghubung polimer pada grup orthosilikat seharusnya bermuatan positif lebih dari satu, serta ukuran diameternya tepat atau sesuai dengan ruangan antar satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub>. Umumnya, unsur penghubung polimer pada grup ini adalah Mg dan atau Fe. Contoh mineral yang tergolong grup ini adalah Fayalit (Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) dan Fosterit (Fe<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>) (Ismail, 2005).



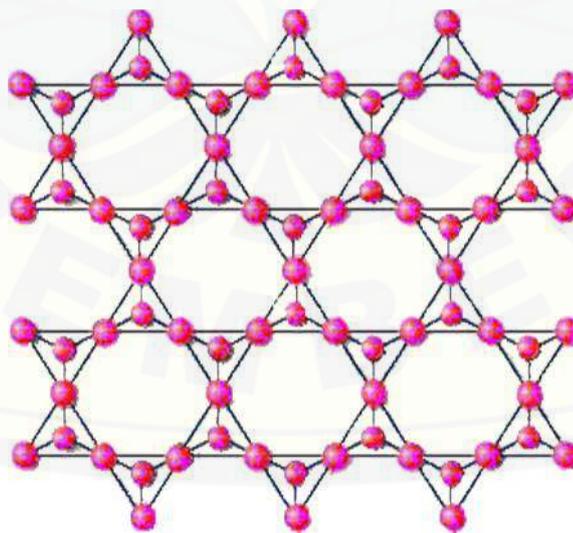
Gambar 2.3 Struktur grup inosilikat tunggal.

Grup inosilikat tunggal, satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub> membentuk rantai tunggal dengan cara membuat hubungan antar satuan dasarnya melalui dua oksigen bersama yang sebidang pada setiap satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub>. Hubungan antar satuan ini menyebabkan kerangka silikat dapat diformulasikan sebagai (SiO<sub>3</sub>)<sup>2-</sup> atau (Si<sub>2</sub>O<sub>6</sub>)<sup>4-</sup>. Untuk membentuk polimer yang lebih besar, antar rantai tetrahedron-SiO<sub>4</sub> dihubungkan oleh sebuah polimer berupa unsur yang bermuatan positif lebih dari satu dengan diameter yang tepat atau sesuai dengan ruang antar rantai satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub>. Susunan antar satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub> ini merupakan susunan yang kurang rapat sehingga menyebabkan grup inosilikat tunggal mempunyai berat jenis yang lebih ringan daripada grup orthosilikat. Unsur penghubung pada grup silikat ini umumnya adalah logam Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> dan Al<sup>3+</sup>. Contoh mineral pada grup ini adalah Hypersten [(Mg,Fe)SiO<sub>3</sub>] (Ismail, 2005).



Gambar 2.4 Struktur grup inosilikat ganda.

Grup inosilikat ganda merupakan gabungan dari dua inosilikat tunggal, sehingga membentuk seperti pita dalam satuan sel. Hubungan antar satuan dasar pada grup ini menyebabkan kerangka silikat dapat diformulasikan sebagai  $(\text{Si}_4\text{O}_{11})^{6-}$ . Untuk menyusun polimer tetrahedron- $\text{SiO}_4$  membutuhkan penghubung berupa unsur yang bermuatan positif lebih dari satu, serta ukuran diameternya sesuai dengan ruang ruangan antar oksigen apikal (ujung) dan ruang antar oksigen rantai tetrahedron- $\text{SiO}_4$  (basal). Susunan antar satuan tetrahedron- $\text{SiO}_4$  ini merupakan susunan yang kurang rapat, seperti grup inosilikat tunggal. Umumnya unsur penghubung pada grup inosilikat ganda adalah sama dengan grup inosilikat tunggal, yakni  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{Al}^{3+}$ . Contoh mineral pada grup ini adalah Hornblende  $[(\text{Ca},\text{Na})_2\text{-}3(\text{Mg},\text{Fe},\text{Al})_5\text{Si}_6(\text{Si},\text{Al})_2(\text{OH})_2]$  (Ismail, 2005).



Gambar 2.5 Struktur grup filiosilikat.

Grup filosilikat, dalam satu satuan sel merupakan pengembangan inosilikat ganda ke arah lateral (menyamping menurut sumbu  $a$  dan  $b$ ), sehingga membentuk seperti lembaran. Hubungan antar satuan dasar pada grup ini menyebabkan kerangka lembaran silikat ini dapat diformulasikan sebagai  $(\text{Si}_2\text{O}_5)_2^-$  atau  $(\text{Si}_4\text{O}_{10})_4^-$ . Apabila dalam lembaran terdiri dari  $n$  buah satuan tetrahedron, maka dalam satu lembaran terdapat  $2n$  muatan negative. Di alam, antar lembaran bergabung dengan lembaran yang lain, tetapi penggabungannya tidak acak. Ujung apical bergabung dengan cara saling berhadapan dengan ujung apical lembar yang lain. Sedangkan bidang basal berhadapan dengan bidang basal lain dari lembaran yang lain. Sehingga dalam satu satuan sel terdapat dua ruangan, yaitu (1) ruang antar ujung apical dan (2) ruang antar bidang basal. Untuk membentuk satu satuan sel filosilikat pada ruang antar ujung apikal dihubungkan oleh kation basa seperti pada amfibol, yakni Mg, Fe, Al dan OH. Sedangkan pada ruang antar bidang basal ditempati oleh kation yang berukuran besar, sebesar ukuran ruangan yang dibentuk oleh enam atom oksigen (lubang rangkaian oksigen = *perforated oxygen*) (Ismail, 2005).



Gambar 2.6 Struktur grup tektosilikat.

Grup tektosilikat memiliki pola susunan satuan dasar yang berkebalikan dengan grup orthosilikat. Pada susunan satuan dasar grup tektosilikat setiap satu satuan tetrahedron- $\text{SiO}_4$  tidak ada oksigen yang bebas. Artinya semua oksigen

dalam setiap sudut satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub> berhubungan dengan Si dari satuan tetrahedron tetangganya. Sehingga dalam struktur tektosilikat hanya ada ikatan O-Si-O. Secara kelistrikan dalam satu satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub> adalah bermuatan nol, sehingga dalam skala apapun grup tektosilikat tidak bermuatan atau netral. Secara keruangan, satu satuan sel tektosilikat biasanya terdiri dari empat satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub>, maka ruangan yang terbentuk oleh ikatan antar satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub> sangat rapat. Contoh mineral grup tektosilikat adalah kuarsa, K-Feldspar dan Feldspatoid (Ismail, 2005).

## 2.4 Mineral Kalium

Tanah dalam fungsinya bagi tumbuhan salah satunya adalah sebagai penyedia hara terbesar bagi tumbuhan. Kalium merupakan salah satu unsur hara utama yang dibutuhkan oleh tanaman. Dari total kalium yang berbentuk mineral di dalam tanah, terdapat sekitar 90% - 98% mineral primer yang tidak dapat diserap oleh tanaman. Sekitar 1% - 10% terjebak dalam koloid tanah dan hanya sekitar 1% - 2% terdapat dalam larutan tanah dan mudah tersedia bagi tanaman. Dari tiga jenis hara makro yang dibutuhkan oleh tanaman, kalium merupakan salah satu hara yang jumlahnya melimpah dipermukaan bumi. Kalium dalam tanah keberadaannya sangat bergantung pada mineral – mineral pembentuk tanah dan kondisi cuaca setempat. Ketersediaan kalium dalam tanah dapat berkurang karena tiga hal, yakni pengambilan kalium oleh tanaman, pencucian kalium oleh air dan erosi tanah.

Beberapa sumber mineral kalium yang nantinya akan digunakan dalam penelitian ini, yakni :

### a. Feldspar

Feldspar berasal dari bahasa jerman, yakni “feld” yang artinya lapangan dan “spar” yang artinya kristal. Kata tersebut mengartikan jumlah dari mineral yang sangat banyak dan feldspar banyak ditemukan. Mineral feldspar menempati lebih dari setengah kerak bumi. Secara umum, feldspar dibagi menjadi dua kelompok, yakni plagioklas feldspar dan kalium feldspar. Kalium feldspar merupakan kelompok polimorf. Kalium feldspar merupakan mineral feldspar

dimana silikat tetrahedral dan aluminium tetrahedral terikat oleh ion kalium. Kalium feldspar sendiri terdiri dari tiga polimorf mineral. Masing-masing polimorf mineral memiliki komposisi kimia yang sama namun struktur kimia yang berbeda. Rumus kimia kalium feldspar adalah  $KAlSi_3O_8$ . Secara teknis ketiga polimorf kalium feldspar memang berbeda, namun dikarenakan sifat fisik yang sangat mirip, mineral-mineral tersebut diidentifikasi sebagai kalium feldspar tanpa dibedakan (dalam identifikasi) (Departemen of Geologi, 2012).

Mineral kalium feldspar di Indonesia menyebar mulai dari Aceh hingga Flores dan beberapa bagian di Kalimantan Barat. Diperkirakan cadangan feldspar yang menyebar di Indonesia mencapai 271.693.000 ton. Kadar kalium dalam feldspar bervariasi, antara 4% sampai 6% (Wahyudi dkk, 2012). Kalium feldspar yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari Kabupaten Jepara. Komposisi kimia feldspar Jepara ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.1 Komposisi Kimia Feldspar Jepara

<b>Sumber Kalium</b>	<b>(%)</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	63,10
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	20,57
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	1,30
<b>MnO</b>	0,0003
<b>MgO</b>	0,032
<b>CaO</b>	0,54
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	5,62
<b>K<sub>2</sub>O</b>	6,50
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,071
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,022

Sumber : Wahyudi, 2012

#### **b. Leusit**

Leusit (leucite) berasal dari bahasa Yunani yang artinya putih. Seperti namanya, leusit memiliki warna yang khas, yakni putih. Leusit merupakan mineral yang terdiri dari kalium dan aluminium tectosilikat. Pada suhu yang tinggi, leusit membentuk struktur isometrik dan akan membentuk kristal isometrik trapezohedron. Struktur isometrik tersebut akan menjadi tidak stabil apabila leusit dingin (suhu menurun) dan berubah menjadi struktur tetragonal tanpa mengubah

bentuk luarnya. Rumus kimia leusit adalah  $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ . Namun demikian, bentuk kristal yang sebenarnya adalah iso-trapezohedral.

Secara umum, komposisi kimia leusit adalah sebagai berikut :

Tabel 2.2 Komposisi Kimia Leusit secara Umum

<b>Komposisi Kimia</b>	<b>(%)</b>	<b>Komposisi Kimia</b>	<b>(%)</b>
<b>O</b>	43,99		
<b>SiO<sub>2</sub></b>	55,06	<b>Si</b>	25,74
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	23,36	<b>Al</b>	12,36
<b>K<sub>2</sub>O</b>	21,58	<b>K</b>	17,91

Sumber : Nindy, 2012

Di Indonesia, cadangan leusit tidak terlalu menyebar. Salah satu kawasan yang mempunyai cadangan leusit adalah di Kabupaten Situbondo. Cadangan leusit di kawasan Kabupaten Situbondo sekitar 57.060.000 ton (Wahyudi dkk, 2012). Untuk bahan leusit yang digunakan dalam penelitian ini adalah leusit Jepara dan leusit Situbondo. Komposisi dari kedua bahan tersebut adalah :

Tabel 2.3 Komposisi kimia Leusit Situbondo

<b>Komposisi Kimia</b>	<b>(%)</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	49,40
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	22,80
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	5,67
<b>MgO</b>	0,38
<b>CaO</b>	1,29
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	0,62
<b>K<sub>2</sub>O</b>	7,86

Sumber : Nindy, 2012

Tabel 2.4 Komposisi kimia Leusit Pati

<b>Komposisi Kimia</b>	<b>(%)</b>
<b>SiO<sub>2</sub></b>	50,42
<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	21,76
<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	5,57
<b>MnO</b>	0,16
<b>MgO</b>	1,34
<b>CaO</b>	4,56
<b>Na<sub>2</sub>O</b>	4,02
<b>K<sub>2</sub>O</b>	8,25
<b>TiO<sub>2</sub></b>	0,35
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	0,26

### c. Trakhit

Trakhit merupakan batuan beku vulkanik. Trakhit terbentuk pada daerah vulkanik dengan pembekuan magma yang cenderung cepat. Tetapi, trakhit bukan terbentuk akibat letusan gunung berapi. Trakhit terbentuk dari magma yang bersifat asam (Anoname, 2012). Trakhit merupakan batuan beku asam yang kaya akan kalium. Trakhit berwarna abu-abu dan mempunyai tekstur porifiritik, kompak, keras dan padu. Sejak ditemukannya, disebutkan bahwa trakhit kini berumur sekitar 17,7 juta tahun. Dalam mineral trakhit juga terdapat feldspar dengan kadar sekitar 69%. Trakhit tidak banyak ditemukan di Negara Indonesia. Trakhit tersebar di salah satu kawasan di Kabupaten Barru. Trakhit yang ditemukan di Kabupaten Barru memiliki komposisi kimia seperti,  $\text{SiO}_2$  60,40%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  16,19%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  5,25%;  $\text{CaO}$  4,57%;  $\text{MgO}$  1,97%;  $\text{Na}_2\text{O}$  4,26%;  $\text{K}_2\text{O}$  5,00%;  $\text{TiO}_2$  0,51%;  $\text{MnO}$  0,10%;  $\text{P}_2\text{O}_5$  0,14% dan  $\text{H}_2\text{O}$  0,55% (Sugeng, 2005).

### 2.5 Pelarutan Mineral

Pelarutan adalah proses terbaginya suatu zat secara halus ke dalam zat lain. Umumnya zat yang terbagi secara halus adalah zat padat dan zat lain berupa air. Hasilnya adalah larutan yang di dalamnya terdapat butiran-butiran yang tidak terlihat. Dengan demikian pelarutan adalah peristiwa yang berlangsung pada permukaan zat padat. Oleh sebab itu, ukuran dan kekerasan zat padat sangat menentukan pelarutan. Makin halus dan makin remah suatu mineral, maka makin cepat pelarutannya. Proses pelarutan dimulai dari menempelkan salah satu dwikutub air pada kation dalam jaringan kristal mineral hingga kation terlepas dari permukaan kristal dan masuk ke dalam air sebagai larutan. Proses pelarutan ini diyakini disebabkan oleh peran ion H dan OH yang berasal dari disosiasi air. Ion H dapat dihasilkan dari disosiasi asam-asam organik (Ismail, 2005)

Kekerasan mineral biasanya mencirikan ketahanan mineral terhadap goresan dari berbagai benda atau mineral lainnya serta ketahanannya ditembus oleh proton dalam merusak susunan kristal. Selama ini kekerasan mineral dinilai dari kekerasan skala Mohs. Skala kekerasan Mohs dibuat pada tahun 1812 oleh ahli geologi dan mineralogi dari Jerman yang bernama Friedrich Mohs. Skala

kekerasan Mohs dimulai dari angka satu (1) dan yang tertinggi adalah sepuluh (10). Berikut adalah tabel kekerasan mineral pada Skala Mohs (Herman, 2009) :

Tabel 2.5 Tingkat kekerasan mineral dalam skala Mohs

Skala Kekerasan Mohs	Mineral	Rumus Kimia	Gambar
1	<i>Talc</i>	$Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$	
2	<i>Gypsum</i>	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	
3	<i>Calcite</i>	$CaCO_3$	
4	<i>Fluorite</i>	$CaF_2$	
5	<i>Apatite</i>	$Ca_5(PO_4)_3(OH, Cl, F)$	
6	<i>Orthoclase Feldspar</i>	$KAlSi_3O_8$	
7	<i>Quartz</i>	$SiO_2$	
8	<i>Topaz</i>	$Al_2SiO_4(OH, F)_2$	
9	<i>Corundum</i>	$Al_2O_3$	
10	<i>Diamond</i>	C	

Sumber : Herman, 2009

Pengaruh asam-asam organik dalam degradasi mineral batuan berupa reaksi pelarutan. Reaksi kimia yang utama pada pelarutan adalah hidrolisis, kemudian hidrolisis yang dipacu dengan adanya asam yaitu asidolisis dan kompleksolisis. Reaksi asidolisis lebih menekankan pada peran ion  $H^+$  yang berasal dari pemrotonan asam dan kompleksolisis menekankan peran sisa asam atau anion organik (Ismail, 2005).

Pelaku utama dari pelarutan adalah ion H. Oleh karena itu proses apapun yang menyebabkan perubahan konsentrasi ion H dapat menyebabkan perubahan kecepatan pelarutan mineral. Peningkatan konsentrasi ion H dimungkinkan oleh makin meningkatnya konsentrasi asam ataupun keadaan yang menyebabkan makin kuatnya disosiasi asam menghasilkan ion H. Demikian juga suhu dapat berpengaruh pada reaksi hidrolisis. Suhu mampu meningkatkan disosiasi air sehingga meningkatkan konsentrasi ion H. Dengan demikian pelapukan mineral salah satunya dipercepat dengan meningkatnya suhu (Ismail, 2005).

## BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan mulai Bulan Desember 2014 sampai Bulan Maret 2015. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada tiga daerah, yakni Semboro, Pradjekan dan Asem Bagus. Isolasi dan inventarisasi mikroba pelarut kalium dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah, Jurusan Tanah, Universitas Jember. Sedangkan analisis Kalium Dapat Ditukar (K-dd) dilakukan di Laboratorium Pengujian, Balai Penelitian Tanah, Cimanggu Bogor.

### 3.2 Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam percobaan meliputi : contoh tanah di daerah rhizosfer tanaman tebu, media aleksandrov yang terdiri dari glukosa,  $Mg_2SO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $CaCO_3$ ,  $Ca_3PO_4$ ,  $FeCl_3$ ,  $K_2HPO_4$  dan agar, serta mineral dan batuan sumber kalium, yakni Mineral Feldspar Jepara, Leusit Situbondo, Leusit Pati dan Trakhit Barru.

Alat-alat yang digunakan dalam percobaan meliputi : *Cold Box Storage*, cawan petri, tabung reaksi, tabung Erlenmeyer, mesin penggojog, *autoclave*, inkubator, *Laminar Air Flow*, pH meter, pipet mikro, dan alat pemanas.

### 3.3 Metode Penelitian

Penelitian yang dilaksanakan menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua (2) faktor dan masing-masing tiga (3) ulangan. Faktor yang pertama yakni jenis mineral yang digunakan sebagai sumber kalium pada media Aleksandrov, yakni  $K_2HPO_4$ , Feldspar Jepara, Trakhit Barru, Leusit Pati dan Leusit Situbondo. Sedangkan faktor yang kedua yakni jenis mikroba yang diuji kemampuannya dalam melarutkan kalium.

### 3.4 Variabel Pengamatan

Beberapa variabel yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah :

1. pH contoh tanah,

1. Kalium total dalam contoh tanah,
2. Kalium dapat ditukar (K-dd) dalam contoh tanah,
3. Diameter pertumbuhan mikroba,
4. Diameter zona bening yang terbentuk,
5. Kalium dapat ditukar (K-dd) pada media Aleksandrov cair.

### **3.1 Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.1.1 Pengambilan Contoh Tanah**

Pengambilan contoh tanah dilakukan di beberapa daerah Perkebunan Tebu milik Pabrik Gula (PG) yang berada di bawah naungan PT. Perkebunan Nusantara XI, yakni PG Semboro-Jember, PG Pradjekan-Bondowoso dan PG Asembagus-Situbondo. Contoh tanah diambil secara acak pada lima (5) titik pengambilan contoh tanah pada masing-masing daerah pengambilan contoh tanah. Sehingga terdapat lima belas (15) titik pengambilan contoh. Contoh tanah diambil pada daerah perakaran (rhizosfer) tanaman.

Tanaman tebu pada tiga daerah pengambilan contoh tanah tersebut merupakan tanaman tebu varietas Bulu Lawang. Tanaman tebu tersebut berumur lima (5) bulan setelah keprasan pertama. Contoh tanah diambil dengan cara mencabut tanaman tebu dan mengambil tanah yang menempel pada akar-akar tanaman tebu. Tanah tersebut kemudian dimasukkan dalam kantong plastik dan disimpan pada *Cold Box Storage* untuk dijaga kesegarannya selama perjalanan pengambilan contoh tanah. Contoh tanah disimpan pada mesin pendingin setelah sampai di Laboratorium Biologi Tanah.

#### **3.1.2 Analisis Kimia Contoh Tanah**

Contoh tanah dihomogenkan berdasarkan daerah pengambilan contoh. Sehingga terdapat tiga (3) contoh tanah untuk kegiatan analisis kimia, yakni contoh tanah Semboro, Pradjekan dan Asembagus. Analisis kimia yang dilakukan berupa analisis pH, Kalium Total dan Kalium Dapat Ditukar. Analisis kalium total menggunakan metode pengekstrak HCl 25%. Sedangkan analisis kalium dapat ditukar menggunakan metode pengekstrak Amonium Asetat 1M dengan pH 7.

Pengukuran kalium total dan kalium dapat ditukar dilakukan di Laboratorium Tanah dan Air di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia menggunakan alat AAS.

### 3.1.3 Isolasi Mikroba Pelarut Kalium

Lima belas contoh tanah diisolasi pada media Aleksandrov agar tanpa pengenceran. Setiap contoh tanah ditimbang seberat 1 gram dan dimasukkan pada tabung reaksi yang berisi 9 ml aquades. Larutan tersebut digojog hingga homogen. Setiap 1 ml dari larutan tanah tersebut dimasukkan atau diisolasi pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$  tanpa pengulangan. Mikroba yang tumbuh dan mampu membentuk zona bening dianggap sebagai mikroba pelarut kalium.

### 3.1.4 Pemurnian Mikroba Pelarut Kalium

Setiap mikroba yang tumbuh dan mampu membentuk zona bening dimurnikan pada media aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$  untuk menumbuhkan satu (1) jenis mikroba. Setiap mikroba diberi nama berdasarkan daerah dan titik pengambilan contoh tanah serta berdasarkan urutan jenis mikroba yang tumbuh dalam satu (1) cawan petri. Daerah pengambilan contoh disimbulkan dengan huruf depan, yakni Semboro disimbulkan dengan "S", Pradjekan disimbulkan dengan "P" dan Asembagus disimbulkan dengan "A". Setiap titik pengambilan disimbulkan dengan angka berdasarkan urutan pengambilan contoh tanah, yakni 1, 2, 3, 4 dan 5. Sedangkan urutan mikroba disimbulkan dengan huruf kecil yang berurutan, misal a, b, c dan seterusnya. Contoh salah satu nama mikroba adalah S2a yang berarti mikroba tersebut berasal dari daerah Semboro pada titik pengambilan contoh ke dua serta merupakan mikroba pertama yang tumbuh pada satu cawan petri.

Satu jenis mikroba dengan pembentukan zona bening terbaik dipilih untuk diuji kemampuannya dalam melarutkan kalium yang terkandung pada beberapa mineral dan batuan (Feldspar, Leusit dan Trakhit). Sehingga terdapat lima belas (15) jenis mikroba yang akan diuji lebih lanjut. Pengujian mikroba secara

kualitatif dilakukan pada media Aleksandrov agar dengan berbagai sumber kalium. Sedangkan pengujian mikroba secara kuantitatif dilakukan pada media aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium.

### 3.1.5 Inokulasi Mikroba Pelarut Kalium pada Media Aleksandrov Agar dengan berbagai Sumber Kalium

Inokulasi merupakan proses memindahkan mikroba dari media lama ke media baru. Limabelas (15) jenis mikroba terpilih diinokulasi pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ , Feldspar Jepara, Trakhit Barru, Leusit Pati dan Leusit Situbondo untuk dilihat kemampuan tumbuh dan kemampuannya dalam membentuk zona bening. Media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$  merupakan perlakuan kontrol karena  $K_2HPO_4$  merupakan bahan yang mudah larut. Masing-masing mikroba yang diinokulasi diulang sebanyak tiga (3) kali.

### 3.1.6 Pengamatan

Pengamatan pertumbuhan mikroba dan kemampuannya dalam membentuk zona bening dilakukan sebanyak empat (4) kali, yakni pada hari ke empat (4), tujuh (7), sepuluh (10) dan tiga belas (13) setelah inokulasi. Pengamatan berupa pengukuran diameter mikroba dan diameter zona bening. Pengukuran diameter (baik pertumbuhan mikroba maupun zona bening) dilakukan pada lima (5) titik dan dihitung rata-ratanya untuk kemudian dicatat. Selanjutnya dilakukan perhitungan indeks pelarutan (IP) dengan rumus sebagai berikut :

$$IP = \frac{\text{Diameter Zona Bening}}{\text{Diameter Mikroba}}$$

Indeks pelarutan (IP) merupakan suatu nilai untuk mengetahui kemampuan mikroba dalam melarutkan kalium yang terikat pada mineral-mineral yang digunakan pada media Aleksandrov agar secara kualitatif.

### 3.1.7 Inventarisasi pada Media Aleksandrov Agar Miring

Dua mikroba dari daerah pengambilan contoh tanah dengan nilai indeks pelarutan (IP) tertinggi disimpan dan dibiakkan kembali pada media Aleksandrov agar miring untuk dijadikan koleksi Laboratorium dan digunakan untuk penelitian selanjutnya. Sehingga terdapat enam jenis mikroba yang digunakan untuk koleksi Laboratorium.

### 3.1.8 Inokulasi pada Media Aleksandrov Cair dengan Berbagai Sumber Kalium

Setiap 10 ml media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium yang berbeda dimasukkan dalam tabung reaksi untuk media baru mikroba. Lima belas (15) mikroba terpilih di awal, diinokulasikan pada media Aleksandrov cair. Sumber kalium yang digunakan pada media Aleksandrov cair sama dengan pada media Aleksandrov agar yakni  $K_2HPO_4$ , Feldspar Jepara, Takhit Barru, Leusit Pati dan Leusit Situbondo. Inokulasi mikroba pada media Aleksandrov cair ditujukan untuk mengetahui kemampuan mikroba dalam melarutkan kalium yang terkandung dalam mineral-mineral kalium secara kuantitatif. Masa inokulasi mikroba pada media Aleksandrov cair selama 21 hari. Selama masa inokulasi, media Aleksandrov cair tersebut digojog selama lima (5) jam setiap hari.

### 3.1.9 Analisis Kalium Dapat Ditukar (K-dd)

Setelah masa inokulasi, media Aleksandrov cair yang sudah mengandung mikroba dibawa ke Laboratorium Pengujian, Balai Penelitian Tanah, Cimanggu Bogor untuk dianalisis kandungan kalium dapat ditukar (K-dd) pada media tersebut. Selain media yang mengandung mikroba, media Aleksandrov cair tanpa pemberian mikroba dengan masa simpan 21 hari juga dianalisis sebagai kontrol di Laboratorium Tanah dan Air di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Hasil nilai K-dd menunjukkan kemampuan mikroba dalam melarutkan kalium secara kuantitatif. Kalium dapat ditukar dianalisis menggunakan alat AAS.

### 3.2 Analisis Data

Hasil pengujian mikroba secara kualitatif yakni berupa nilai indeks pelarutan (IP) dihubungkan dengan hasil pengujian mikroba secara kuantitatif yakni berupa nilai kalium dapat ditukar (K-dd) menggunakan analisis korelasi. Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui apakah hasil IP menunjukkan hasil yang searah dengan nilai K-dd atau tidak.



## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis Kimia

Analisis kimia dilakukan berdasarkan daerah pengambilan contoh tanah. Lima contoh tanah berdasarkan titik pengambilan contoh tanah dihomogenkan berdasarkan daerah pengambilan contoh. Kegiatan analisis kimia hanya melihat sedikit kondisi kimia contoh tanah pada masing-masing daerah pengambilan contoh tanah.

Tabel 4.1 Analisis kimia berdasarkan daerah pengambilan contoh tanah

Lokasi Pengambilan Contoh Tanah	pH	Kalium Total		Kalium Dapat Ditukar	
		(ppm)	(%)	(ppm)	(%)
Asem Bagus	3,86	1457	0,15	364	0,04
Pradjekan	5,44	1248	0,12	363	0,03
Semboro	5,48	723	0,07	217	0,02

Berdasarkan klasifikasi pH menurut Pusat Penelitian Tanah (1983) dalam Hardjowigeno (1987), contoh tanah yang diambil dari Daerah Asembagus tergolong tanah yang sangat masam. Sedangkan contoh tanah yang diambil di Daerah Pradjekan dan Semboro tergolong dalam tanah masam. Berdasarkan Tabel 4.1, nilai pH tanah yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kandungan kalium total pada contoh tanah tersebut. Jumlah kalium total pada contoh tanah juga berpengaruh terhadap jumlah kalium dapat ditukar pada contoh tanah. Berdasarkan Tabel 4.1, semakin tinggi tingkat kemasaman tanah maka jumlah kalium total pada tanah juga semakin tinggi. Jumlah kalium dapat ditukar pada contoh tanah juga semakin tinggi seiring dengan semakin tingginya jumlah kalium total pada contoh tanah. Persentase jumlah kalium dapat ditukar yang tersaji pada Tabel 4.1 merupakan persentase kalium dapat ditukar dari contoh tanah.

Kalium dapat ditukar merupakan bentuk kalium yang tersedia dan dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Menurut Rhem (1997), jumlah kalium tersedia bagi tanaman sekitar 2-10%. Jumlah kalium dapat ditukar pada semua contoh tanah

yang tidak mencapai 1% menunjukkan bahwa kandungan kalium yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman pada contoh tanah tersebut sangat sedikit.

Tabel 4.2 Nilai kalium dapat ditukar berdasarkan jumlah kalium total pada daerah pengambilan contoh tanah

Lokasi Pengambilan Contoh Tanah	pH	Kalium Dapat Ditukar (%)
Asembagus	3,86	24,98
Pradjekan	5,44	29,08
Semoro	5,48	30,01

Tabel 4.2 menunjukkan persentase kalium dapat ditukar dari jumlah kalium total pada contoh tanah. Berdasarkan Tabel 4.2, semakin tinggi nilai pH suatu tanah maka semakin besar nilai kalium dapat ditukar dari jumlah kalium total pada tanah tersebut. Tingkat kemasaman tanah juga dapat mempengaruhi kehidupan mikroba yang ada di dalam tanah. Tidak semua mikroba hidup pada nilai pH tanah yang sama. Umumnya mikroba tumbuh pada pH sekitar 7. Namun ada beberapa mikroba yang mampu tumbuh pada pH 2 dan pH 10. Bakteri biasanya tumbuh dengan baik pada pH sekitar 7 meskipun dapat juga tumbuh pada kisaran pH 5 – 8. Fungi dapat tumbuh pada kisaran pH yang lebih luas. Kelompok fungi dapat tumbuh dengan baik pula pada kisaran pH masam (Lay, 1994).

#### 4.1 Inventarisasi Mikroba Pelarut Kalium

Mikroba diisolasi pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$  berdasarkan titik pengambilan contoh. Tumbuhnya mikroba pelarut kalium ditunjukkan dengan terbentuknya *hallo zone* (zona bening) yang mengelilingi mikroba. Sebanyak empat puluh satu (41) isolat mikroba pelarut kalium didapat dari lima belas contoh tanah, tercantum pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Jumlah isolat mikroba dari lima belas contoh tanah

Lokasi Pengambilan Contoh Tanah	Titik Pengambilan	Jumlah Isolat	Total Isolat
Asem Bagus	A1	3	14
	A2	4	
	A3	2	
	A4	2	
	A5	3	
Pradjekan	P1	2	11
	P2	2	
	P3	2	
	P4	3	
	P5	2	
Semboro	S1	3	16
	S2	3	
	S3	4	
	S4	2	
	S5	4	

Masing-masing satu (1) isolat dengan pertumbuhan dan pembentukan zona bening terbaik dipilih untuk diuji kemampuannya dalam melarutkan kalium yang terkandung pada mineral-mineral pembawa kalium (Feldspar, Leusit dan Trakhit) baik secara kualitatif maupun secara kuantitatif. Sehingga didapat lima belas (15) jenis isolat mikroba yang akan diuji, yakni mikroba A1a, A2b, A3a, A4b, A5a, P1b, P2b, P3a, P4a, P5a, S1a, S2a, S3b, S4b dan S5a.

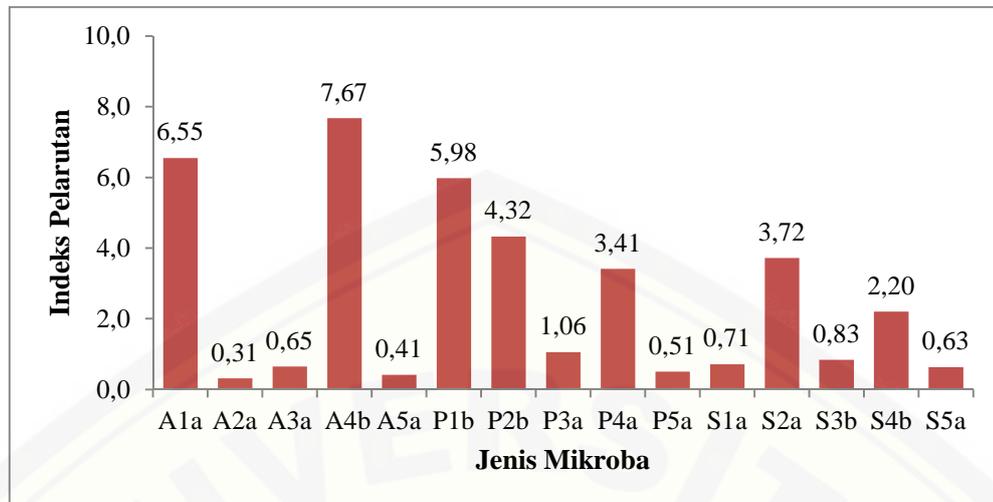
Dari lima belas jenis mikroba tersebut dilakukan pemilihan kembali untuk mendapatkan jenis mikroba yang unggul pada masing-masing daerah. Enam mikroba terpilih (dipilih dua dari masing-masing daerah) yang memiliki nilai indeks pelarutan tertinggi pada akhir pengamatan diinventarisasi sebagai koleksi Laboratorium Biologi Tanah. Indeks pelarutan kalium oleh mikroba pelarut kalium dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$IP = \frac{\text{Diameter Zona Bening}}{\text{Diameter Mikroba}}$$

Tabel 4.4 Rata-rata diameter pertumbuhan mikroba, diameter zona bening dan nilai indeks pelarutan kalium oleh lima belas mikroba pelarut kalium terpilih

Jenis Mikroba	Diameter Mikroba (mm)	Diameter Zona Bening (mm)	Indeks Pelarutan (IP)
<b>A1a</b>	<b>9,02</b>	<b>59,07</b>	<b>6,55</b>
A2a	8,13	2,53	0,31
A3a	6,43	4,19	0,65
<b>A4b</b>	<b>8,18</b>	<b>62,79</b>	<b>7,67</b>
A5a	9,83	4,06	0,41
<b>P1b</b>	<b>9,88</b>	<b>59,04</b>	<b>5,98</b>
<b>P2b</b>	<b>13,00</b>	<b>56,19</b>	<b>4,32</b>
P3a	9,44	9,98	1,06
P4a	10,53	35,90	3,41
P5a	9,63	4,89	0,51
S1a	5,95	4,24	0,71
<b>S2a</b>	<b>8,89</b>	<b>33,10</b>	<b>3,72</b>
S3b	7,65	6,38	0,83
<b>S4b</b>	<b>10,53</b>	<b>23,20</b>	<b>2,20</b>
S5a	14,71	9,26	0,63

1. Media yang digunakan adalah media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ ;
2. Data yang digunakan merupakan hasil pengamatan terakhir (hari ke-13);
3. Komponen huruf dan angka yang dicetak tebal pada baris tertentu menunjukkan jenis mikroba dengan nilai indeks pelarutan tertinggi berdasarkan daerah pengambilan contoh tanah.



Gambar 4.1 Rata-rata indeks pelarutan kalium oleh lima belas mikroba pelarut kalium terpilih pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$  pada pengamatan terahir.

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Gambar 4.1 dapat ditentukan bahwa enam mikroba yang selanjutnya akan disimpan sebagai koleksi Laboratorium adalah mikroba A1a, A4b, P1b, P2b, S2a dan S4b. Keenam mikroba tersebut dipilih karena memiliki nilai indeks pelarutan kalium lebih tinggi dibandingkan indeks pelarutan mikroba lainnya berdasarkan masing-masing daerah pengambilan titik contoh tanah. Setiap titik pengambilan contoh diambil dua isolat mikroba unggul berdasarkan hasil perhitungan indeks pelarutan. Data perhitungan indeks pelarutan kalium di atas merupakan hasil pengamatan pertumbuhan mikroba pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$  dihari ke tiga belas (13).

#### **4.2 Pertumbuhan Mikroba Pelarut Kalium dan Pembentukan Zona Bening pada Media Aleksandrov Agar dengan Berbagai Sumber Kalium**

Lima belas mikroba pelarut kalium terpilih ditumbuhkan kembali pada media Aleksandrov agar dengan berbagai sumber kalium, yakni  $K_2HPO_4$  sebagai kontrol, Feldspar Jepara, Leusit Situbondo dan Leusit Pati serta Trakhit Barru. Pertumbuhan mikroba pelarut kalium dan kemampuan mikroba dalam membentuk zona bening diamati selama empat kali, yakni pada hari ke empat, hari ke tujuh,

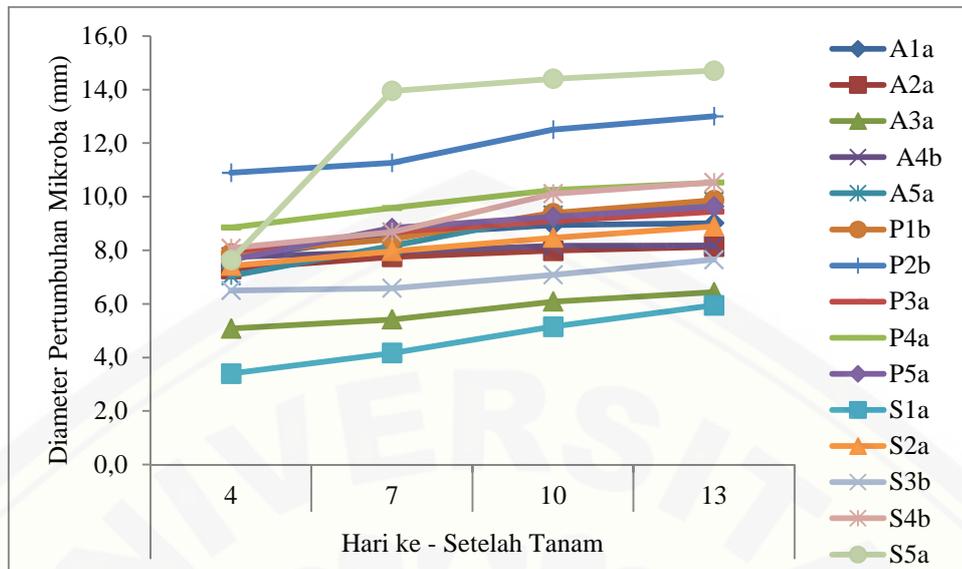
hari ke sepuluh dan hari ketiga belas dengan cara mengukur diameter mikroba dan diameter zona bening yang terbentuk.

Pertumbuhan lima belas mikroba pelarut kalium pada berbagai jenis media Aleksandrov agar beranekaragam, begitu pula dengan kemampuannya dalam membentuk zona bening. Mikroba yang memiliki kemampuan tumbuh dengan baik belum tentu memiliki kemampuan membentuk zona bening dengan baik pula. Beberapa mikroba yang memiliki diameter kecil mampu membentuk zona bening dengan diameter cukup besar.

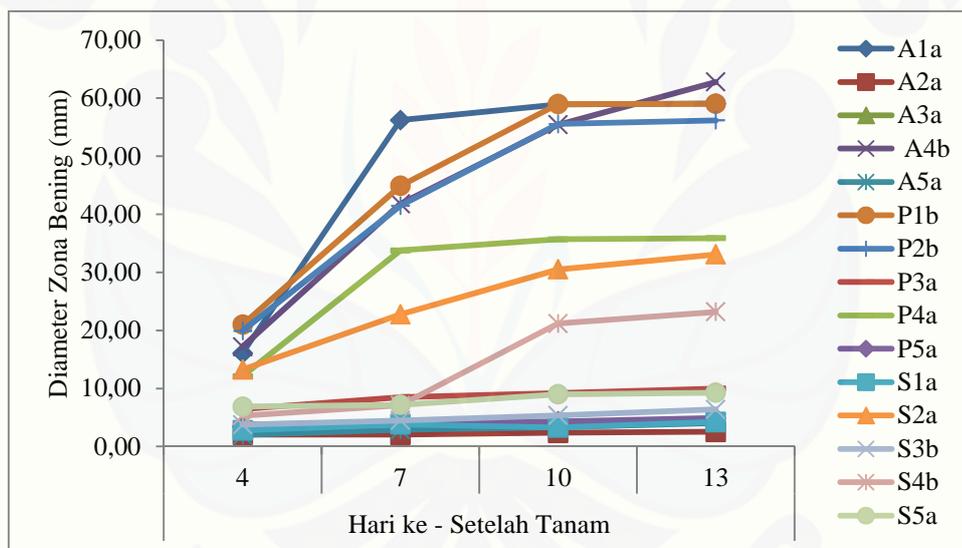
Zona bening yang mampu dibentuk oleh mikroba pelarut kalium bermacam-macam. Ada beberapa mikroba yang membentuk zona bening tanpa langsung mengelilingi mikroba dan adapula zona bening yang terbentuk langsung mengelilingi mikroba. Pertumbuhan mikroba tidak dapat diperkirakan setiap waktunya. Beberapa mikroba dapat tumbuh dengan cepat dan ada beberapa mikroba yang tumbuh dengan lambat atau melambat pada waktu-waktu tertentu. Zona bening yang terbentuk terkadang memiliki diameter yang lebih kecil dibandingkan dengan diameter mikroba. Hal ini disebabkan karena dua hal, yakni (1) kemampuan mikroba dalam membentuk zona bening memang rendah, dan (2) zona bening yang mulanya sudah terbentuk tertutupi oleh diameter mikroba yang semakin membesar dengan kemampuan mikroba membentuk zona bening semakin rendah.

#### **4.2.1 $K_2HPO_4$ sebagai Sumber Kalium**

$K_2HPO_4$  merupakan perlakuan kontrol yang memiliki kandungan kalium paling besar dibanding yang lain. Selain itu  $K_2HPO_4$  merupakan bahan yang mudah larut dalam air. Sehingga diharapkan mikroba pelarut kalium dapat membentuk zona bening dengan baik pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ .



Gambar 4.2 Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ .

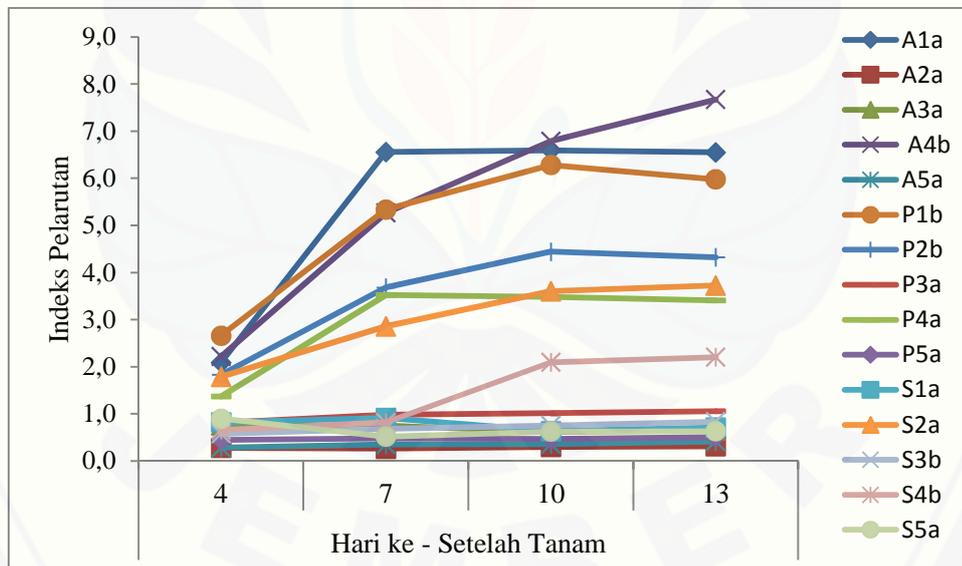


Gambar 4.3 Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ .

Pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ , mikroba yang memiliki diameter terbesar adalah mikroba S5a. Namun, mikroba S5a memiliki kemampuan yang rendah dalam membentuk zona bening. Hal ini ditunjukkan oleh diameter zona bening yang dibentuk mikroba S5a relatif rendah. Sebaliknya, mikroba A4b yang memiliki diameter pertumbuhan relatif kecil

mampu membentuk zona bening dengan diameter yang lebih besar dibandingkan mikroba lainnya.

Pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa mikroba dengan diameter pertumbuhan yang besar belum tentu mampu membentuk zona bening dengan diameter yang besar pula, dan sebaliknya. Namun juga terdapat mikroba yang memiliki hubungan yang searah antara pertumbuhan mikroba terhadap kemampuannya dalam pembentukan zona bening, yakni mikroba S1a. Sehingga tidak semua pertumbuhan mikroba berbanding terbalik dengan kemampuan mikroba dalam membentuk zona bening. Secara berurutan mikroba yang memiliki diameter pertumbuhan mulai dari yang paling besar yakni mikroba S5a, P2b, S4b, P4a, P1b, A5a, P3a, A1a, S2a, A4b, A2a, S3b, A3a dan S1a. Sedangkan berdasarkan mikroba yang memiliki kemampuan membentuk zona bening secara berturut-turut yakni mikroba A4b, A1a, P1b, P2b, P4a, S2a, S4b, P3a, S5a, S3b, P5a, S1a, A3a, A5a dan A2a.



Gambar 4.4 Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ .

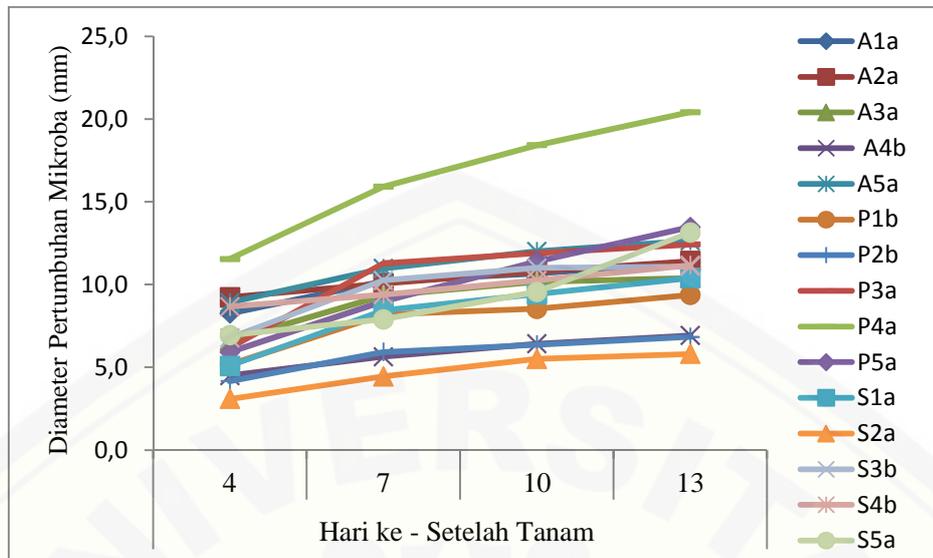
Nilai indeks pelarutan oleh mikroba bergantung pada zona bening yang terbentuk dan diameter pertumbuhan mikroba. Semakin besar diameter zona bening yang terbentuk dan semakin kecil diameter pertumbuhan mikroba, maka

nilai indeks pelarutan akan semakin tinggi. Berdasarkan Gambar 4.4 nilai indeks pelarutan kalium oleh lima belas mikroba secara berturut-turut dari yang tertinggi adalah A4b, A1a, P1b, P2b, S2a, P4a, S4b, P3a, S3b, S1a, A3a, S5a, P5a, A5a dan A2a. Enam mikroba dengan indeks pelarutan besar secara berturut-turut (dua mikroba dari masing-masing daerah pengambilan contoh) dikoleksi di Laboratorium Biologi Tanah, yakni mikroba A1a, A4b, P1b, P2b, S2a dan S4b.

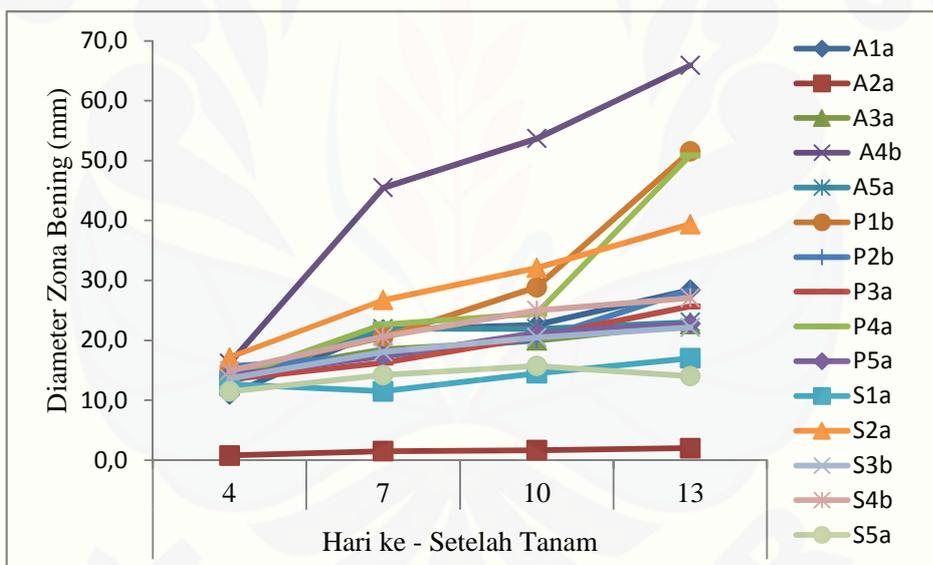
Pada Gambar 4.4 terdapat grafik indeks pelarutan yang menurun pada waktu pengamatan tertentu. Hal tersebut dapat disebabkan karena diameter zona bening yang menurun dan semakin besarnya diameter mikroba pada waktu pengamatan tertentu.

#### **4.2.2 Feldspar Jepara sebagai Sumber Kalium**

Feldspar adalah mineral dengan jumlah yang cukup besar di kerak bumi, yakni sekitar 60% dari total mineral yang ada. Feldspar merupakan silikat alamiah yang pada umumnya digunakan dalam pembuatan keramik sebagai bahan fluks. Feldspar umumnya memiliki struktur yang tersusun atas cincin yang terbentuk dari empat buah struktur tetrahedral. Permukaan Feldspar terdiri atas muatan positif yang berupa ion  $\text{Na}^+$  dan  $\text{K}^+$  dan muatan negatif yang berupa gugus silanol atau siloksan. Kalium Feldspar terdiri dari tiga buah silikon tetrahedral dan sebuah aluminium tetrahedral (IMA, 2008). Banyaknya mineral Feldspar di kerak bumi memungkinkan Feldspar menjadi salah satu sumber kalium di tanah. Oleh sebab itu dalam percobaan ini Feldspar dijadikan salah satu sumber kalium pengganti  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  untuk melihat kemampuan mikroba dalam melarutkan kalium yang terkandung pada mineral Feldspar.



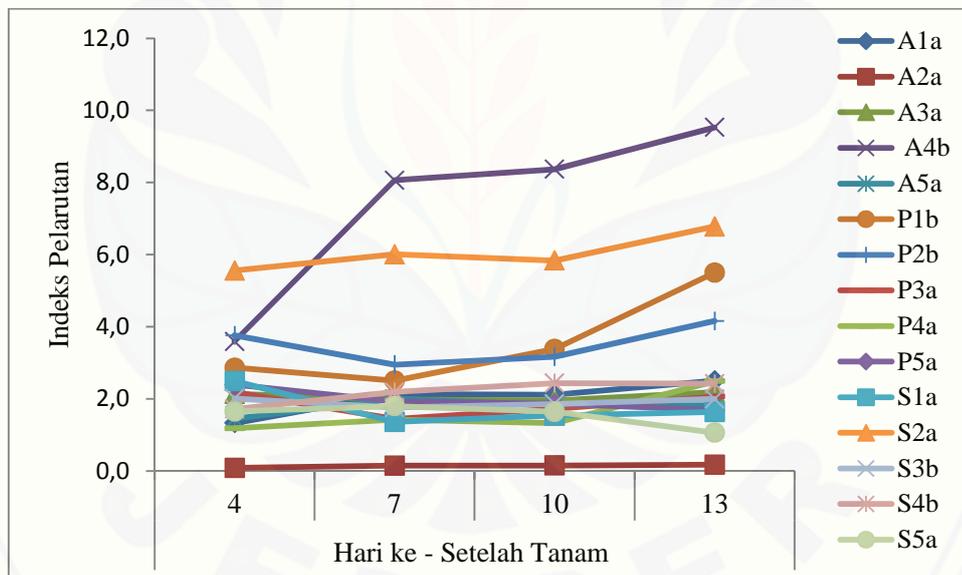
Gambar 4.5 Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Feldspar Jepara.



Gambar 4.6 Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Feldspar Jepara

Sama halnya dengan perlakuan kontrol, pertumbuhan mikroba dan kemampuannya dalam membentuk zona bening beragam. Berdasarkan Gambar 4.5 pertumbuhan mikroba yang paling optimum adalah mikroba P4a. Mikroba P4a juga memiliki kemampuan pembentukan zona bening yang cukup baik, yakni

dengan diameter terbesar ketiga setelah mikroba A4b dan P1b. Dengan hasil yang ditunjukkan oleh mikroba P4a masih belum dapat dikatakan bahwa pertumbuhan mikroba searah dengan kemampuan mikroba dalam membentuk zona bening. Mikroba A4b yang memiliki diameter pertumbuhan tidak terlalu besar dapat membentuk zona bening dengan diameter lebih besar dibanding dengan zona bening yang dibentuk oleh mikroba lainnya. Selain itu, mikroba S2a dengan diameter pertumbuhan paling kecil diantara mikroba lainnya mampu membentuk zona bening dengan diameter terbesar keempat setelah diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba A4a, P1b dan P4a. Diameter pertumbuhan mikroba dari yang terbesar secara berurutan adalah mikroba P4a, P5a, S5a, A5a, P3a, A2a, A1a, S4b, S3b, A3a, S1a, P1b, A4a, P2b dan S2a. Sedangkan diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba secara berturut-turut adalah A4b, P1b, P4a, S2a, P2b, A1a, S4b, P3a, A5a, P5a, A3a, S3b, S1a, S5a dan A2a.



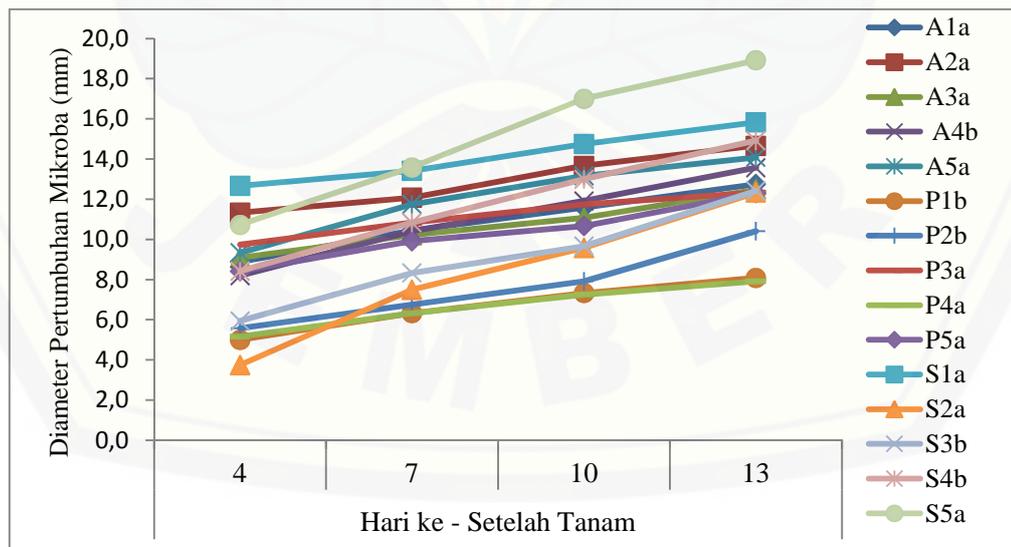
Gambar 4.7 Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Feldspar Jepara.

Nilai indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Feldspar Jepara menunjukkan hasil yang hampir sama dengan kontrol terkait jenis mikroba dengan nilai indeks pelarutan yang cukup besar. Enam mikroba yang dipilih untuk dikoleksi di Laboratorium

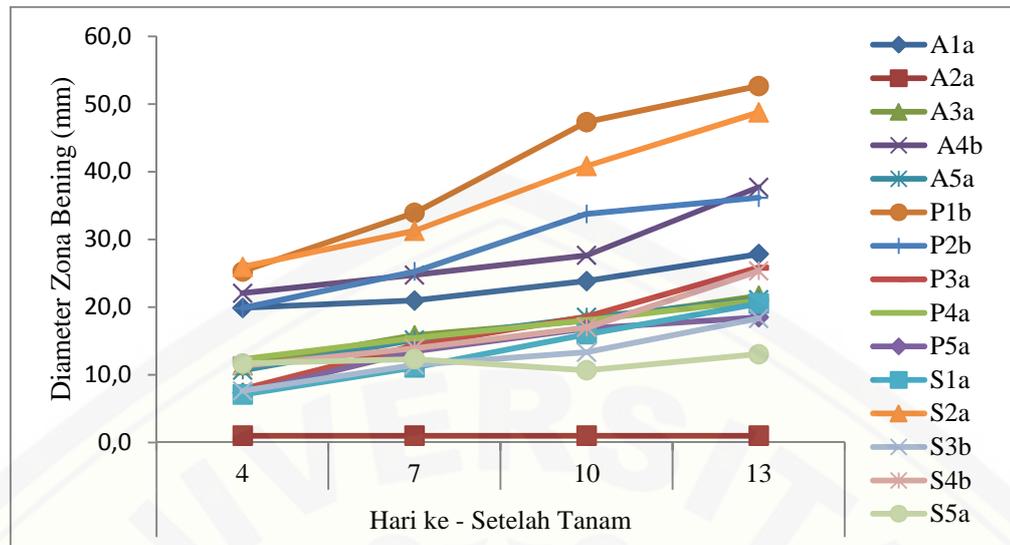
Biologi Tanah juga memiliki nilai indeks pelarutan yang lebih baik dibandingkan dengan nilai indeks pelarutan oleh jenis mikroba lainnya. Penurunan-penurunan nilai indeks pelarutan yang terjadi pada beberapa waktu pengamatan tertentu terjadi karena adanya penurunan diameter zona bening pada waktu pengamatan tertentu pula. Nilai indeks pelarutan bergantung pada diameter pertumbuhan mikroba dan diameter pembentukan zona bening. Berdasarkan Gambar 4.7 secara berturut-turut nilai indeks pelarutan tertinggi adalah nilai indeks pelarutan oleh mikroba A4b, S2a, P1b, P2b, A1a, P4a, S4b, A3a, P3a, S3b, A5a, P5a, S1a, S5a dan A2a.

#### 4.2.3 Trakhit Barru sebagai Sumber Kalium

Trakhit merupakan batuan beku vulkanik halus yang umumnya berwarna terang dan memiliki permukaan kasar. Trakhit berasal dari bahasa Yunani yakni *Trachys* yang artinya kasar. Salah satu komposisi dari Trakhit adalah mineral Feldspar. Meskipun jumlah kandungan kalium pada Trakhit lebih sedikit dibandingkan mineral Feldspar, Trakhit juga mempunyai peluang sebagai sumber kalium dalam tanah (Carmichael, 2007). Trakhit Barru merupakan batuan Trakhit yang berasal dari Kabupaten Barru, Sulawesi Selatan.

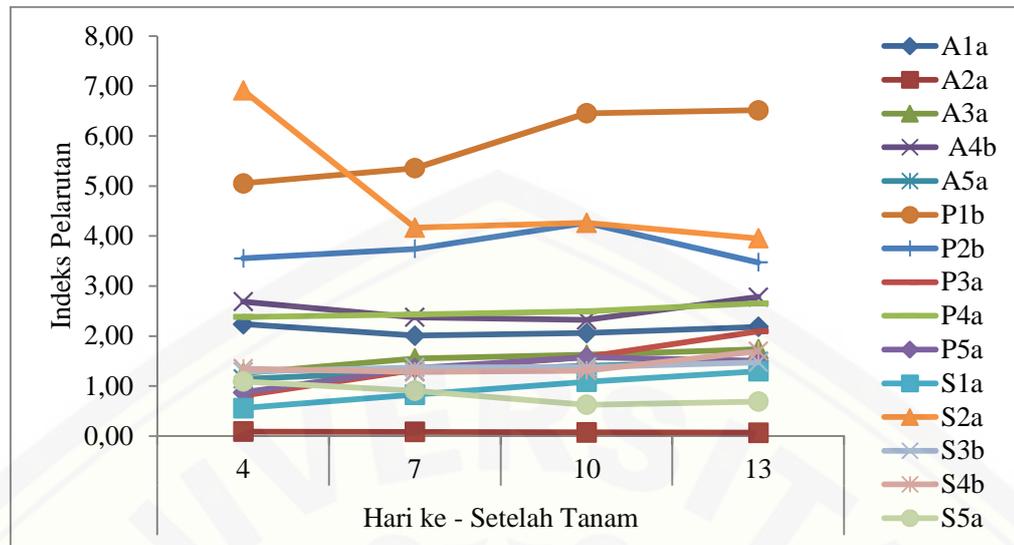


Gambar 4.8 Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Trakhit Barru.



Gambar 4.9 Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Trakhit Barru.

Pertumbuhan mikroba pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Trakhit Barru juga beragam. Mikroba S5a memiliki kemampuan tumbuh yang lebih baik dibandingkan dengan mikroba lainnya. Meskipun pada pengamatan pertama mikroba S5a tidak menunjukkan perkembangan yang lebih baik dari beberapa mikroba lainnya, namun pertumbuhan yang terus meningkat menunjukkan bahwa mikroba S5a mampu tumbuh paling optimum dibanding mikroba lainnya. Hal ini sesuai dengan Gambar 4.8 yang menunjukkan grafik diameter pertumbuhan mikroba S5a paling besar diakhir pengamatan, yakni mencapai 18,92 milimeter (mm). Namun mikroba S5a memiliki kemampuan yang kurang baik dalam membentuk zona bening. Berdasarkan Gambar 4.9, mikroba yang memiliki kemampuan dalam membentuk zona bening dengan diameter terbesar adalah mikroba P1b, meskipun mikroba tersebut tidak memiliki diameter pertumbuhan yang cukup besar. Diameter pertumbuhan mikroba mulai yang paling besar secara berturut-turut adalah mikroba S5a, S1a, S4b, A2a, A5a, A4b, A1a, A3a, S3b, P3a, S2a, P5a, P2b, P1b dan P4a. Sedangkan diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba dari yang paling besar secara berturut-turut adalah diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba P1b, S2a, A4b, P2b, A1a, P3a, S4b, A3a, A5a, P4a, S1a, P5a, S3b, S5a dan A2a.



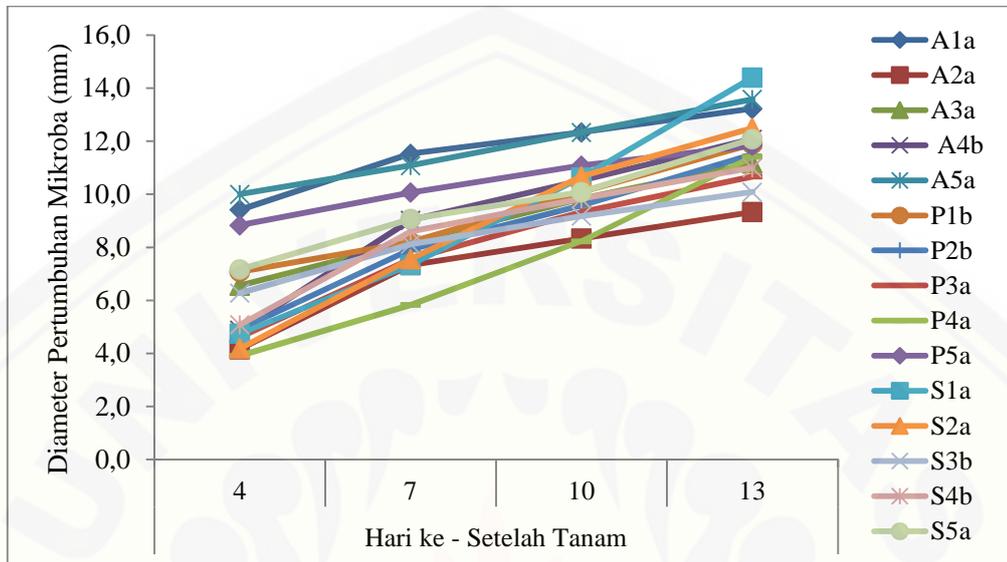
Gambar 4.10 Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Trakhit Barru.

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat diketahui bahwa mikroba S2a memiliki nilai indeks pelarutan yang tinggi pada awal pengamatan. Namun, nilai indeks pelarutan tersebut menurun pada pengamatan selanjutnya. Hal ini bisa jadi disebabkan oleh diameter zona bening yang terbentuk juga mengalami penurunan pada waktu pengamatan kedua dan atau mikroba terus tumbuh membesar namun kemampuan mikroba dalam membentuk zona bening semakin rendah. Enam mikroba yang dikoleksi di Laboratorium Biologi Tanah juga memiliki nilai indeks pelarutan yang lebih baik dibandingkan dengan nilai indeks pelarutan oleh mikroba lainnya pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Trakhit Barru. Secara berturut-turut nilai indeks pelarutan oleh lima belas mikroba terpilih mulai yang paling tinggi yakni mikroba P1b, S2a, P2b, A4b, P4a, A1a, P3a, A3a, S4b, P5a, A5a, S3b, S1a, S5a dan A2a.

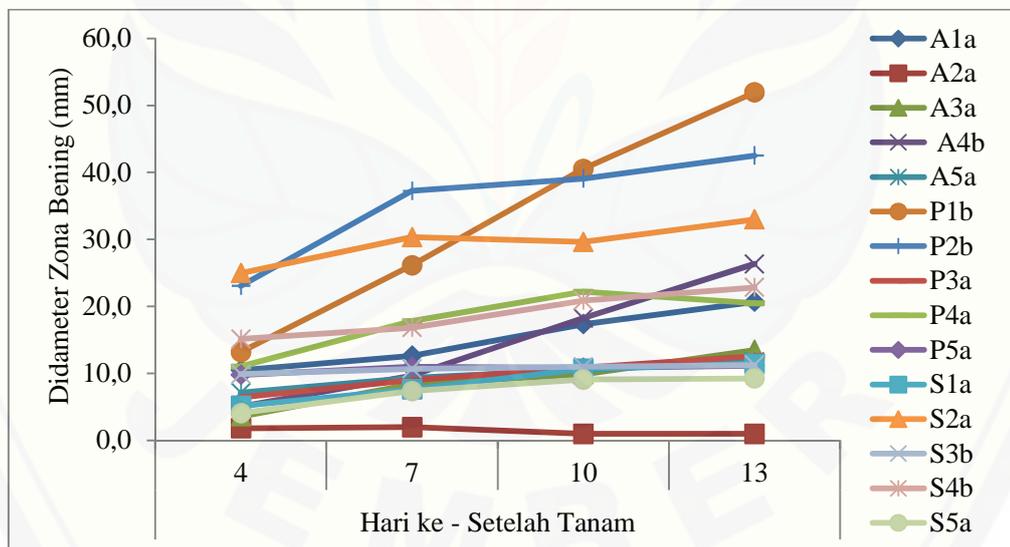
#### 4.2.4 Leusit Pati sebagai Sumber Kalium

Leusit adalah mineral pembentuk batuan yang terdiri dari kalium dan aluminium tectosilikat. Leusit berasal dari kata Yunani yaitu "*leucos*" yang memiliki arti "putih" dalam kiasan untuk warna yang khas. Mineral Leusit memiliki nama kimia  $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$ . Mineral Leusit tergolong pada kelompok

feldspatoid (Anonim, 2012). Sedangkan nama “Leusit Pati” merupakan mineral Leusit yang diambil dari Kabupaten Pati.



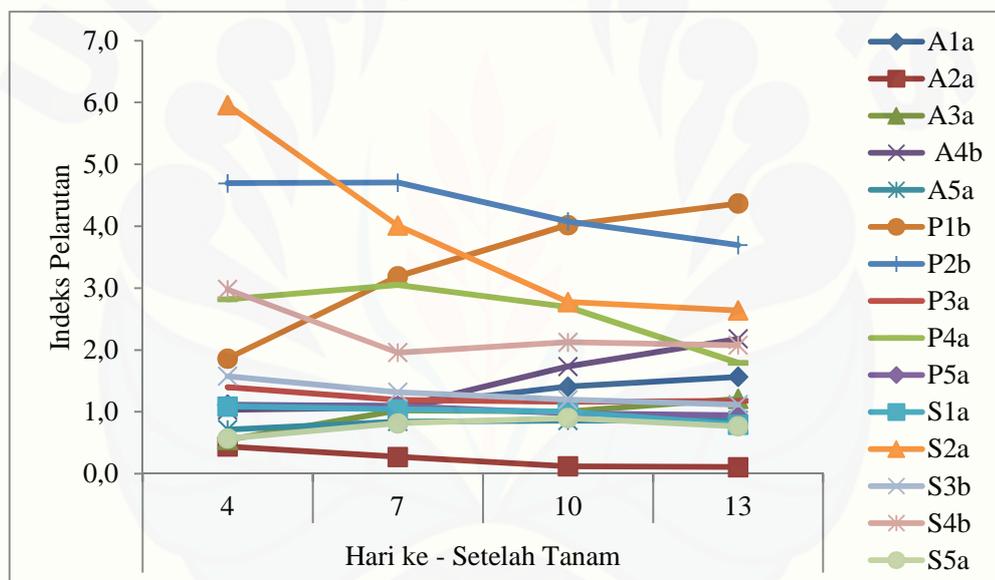
Gambar 4.11 Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Pati.



Gambar 4.12 Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Pati.

Persaingan pertumbuhan mikroba pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Pati sangatlah “ketat”. Hal ini ditunjukkan oleh grafik diameter pertumbuhan mikroba yang memiliki selisih sangat kecil antar mikroba

(Gambarbar 4,11). Sampai akhir pengamatan, mikroba yang memiliki diameter pertumbuhan paling besar adalah mikroba S1a yang selanjutnya disusul oleh mikroba A5a dan A1a. Secara berturut-turut, mikroba yang memiliki diameter pertumbuhan mulai yang paling besar hingga yang paling kecil adalah diameter pertumbuhan mikroba S1a, A5a, A1a, S2a, A4b, S5a, P1b, P5a, P2b, P4a, A3a, S4b, P3a, S3b dan A2a. Mikroba dengan diameter pertumbuhan yang paling besar belum tentu memiliki kemampuan membentuk zona bening dengan diameter yang besar pula, begitupun sebaliknya. Secara berturut-turut diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba mulai yang paling besar adalah mikroba P1b, P2b, S2a, A4b, S4b, A1a, P4a, A3a, P3a, A5a, S1a, S3b, P5a, S5a dan A2a.



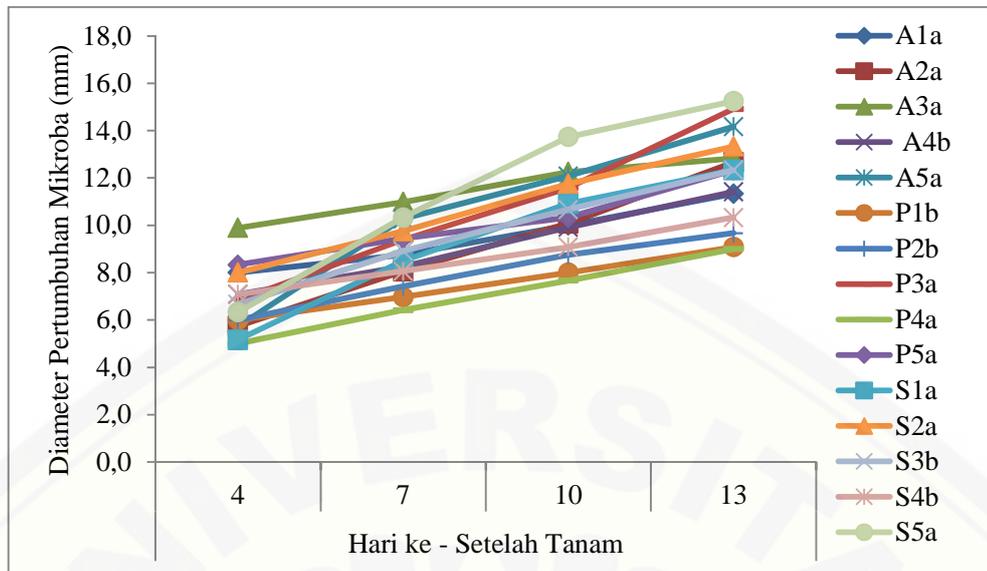
Gambar 4.13 Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Pati.

Pada Gambar 4.13, terdapat beberapa mikroba yang memiliki penurunan nilai indeks pelarutan. Beberapa mikroba yang terlihat jelas mengalami penurunan nilai indeks pelarutan adalah mikroba S2a, P2b dan A2a. Nilai indeks pelarutan didasarkan pada diameter pertumbuhan mikroba dan diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba, begitupula dengan penurunan indeks pelarutan yang terjadi. Mikroba S2a mengalami penurunan nilai indeks pelarutan pada pengamatan kedua, ketiga sampai keempat. Pada Gambar 4.12 dapat dilihat

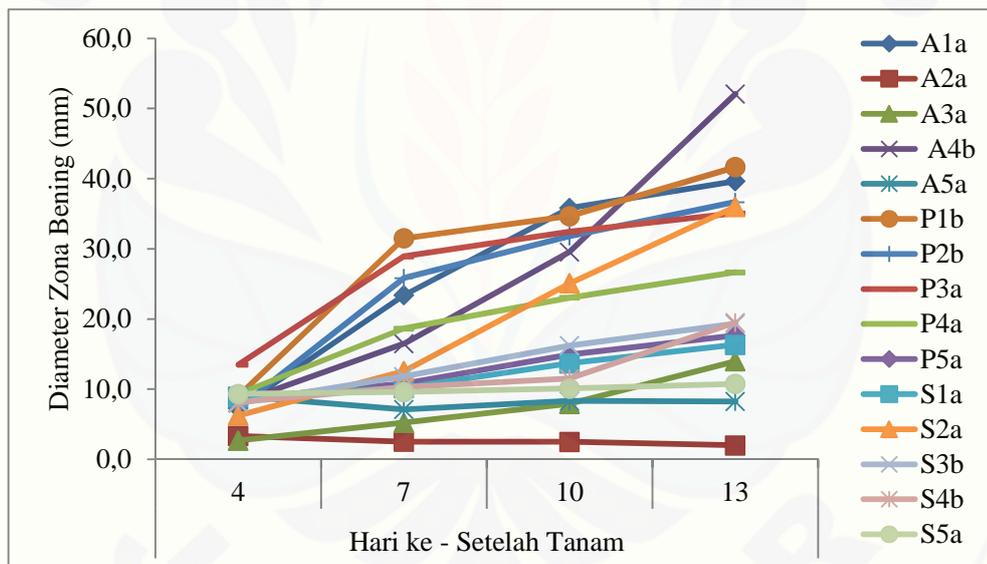
dan diperhatikan bahwa mikroba S2a memiliki kemampuan membentuk zona bening dengan diameter yang besar pada hari ke empat, namun pada hari ke tujuh sampai akhir pengamatan kemampuan mikroba dalam membentuk zona bening melemah. Hal ini dapat dilihat pada grafik diameter zona bening mikroba S2a yang memiliki selisih diameter kecil pada setiap pengamatan. Sedangkan pertumbuhan mikroba S2a pesat yang ditunjukkan pada grafik diameter mikroba. Selisih diameter mikroba cukup besar pada setiap waktu pengamatan. Hal tersebut merupakan penyebab penurunan nilai indeks pelarutan mikroba S2a. Penyebab yang sama juga untuk penurunan nilai indeks pelarutan mikroba P2b dan A2a. pada akhir pengamatan, nilai indeks pelarutan yang paling tinggi hingga paling rendah secara berturut-turut adalah mikroba P1b, P2b, S2a, A4b, S4b, P4a, A1a, A3a, P3a, S3b, P5a, A5a, S1a, S5a dan A2a.

#### **4.2.5 Leusit Situbondo sebagai Sumber Kalium**

Leusit Situbondo yang dijadikan sumber kalium pada percobaan kali ini merupakan jenis mineral yang sama dengan Leusit Pati. Perbedaan keduanya hanya terletak pada daerah pengambilan Mineral Leusit. Leusit Pati diambil di Kabupaten Pati, sedangkan Leusit Situbondo diambil di daerah Kabupaten Situbondo. Leusit merupakan kelompok feldspatoid dengan sub kelas tektosilikat. Feldspatoid adalah tektosilikat pembawa aluminium yang memiliki kandungan aluminium lebih tinggi (Anonim, 2012).



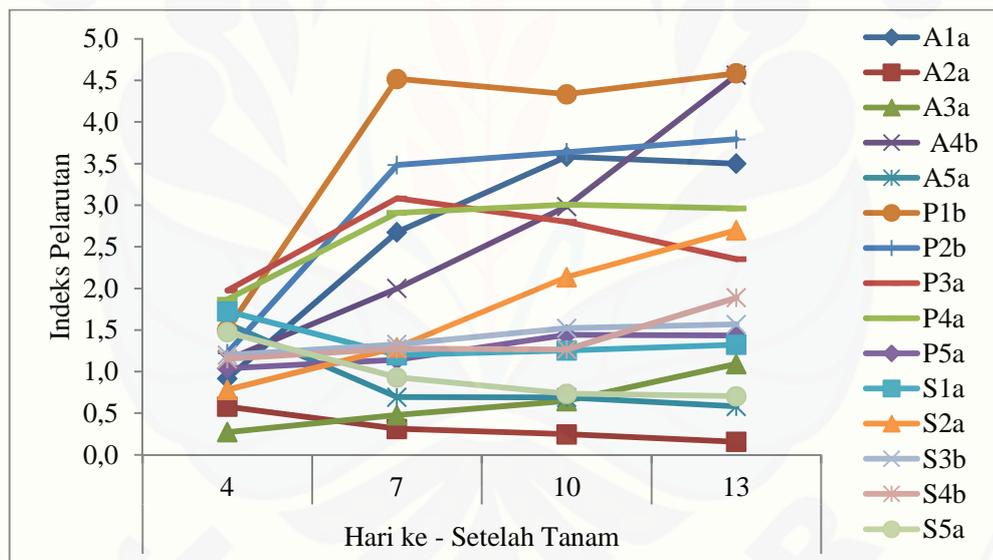
Gambar 4.14 Diameter pertumbuhan mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Situbondo.



Gambar 4.15 Diameter pembentukan zona bening oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Pati.

Sama halnya dengan perlakuan sebelumnya dimana Leusit Pati menjadi sumber kalium, pertumbuhan mikroba pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Situbondo memiliki persaingan yang “ketat”. Hal ini dapat dilihat pada grafik (Gambar 4.14) bahwa selisih diameter antar mikroba kecil. Diameter mikroba yang paling besar hingga yang paling kecil secara berturut-

turut adalah mikroba S5a, P3a, A5a, S2a, A3a, A2a, P5a, S1a, S3b, A4b, A1a, S4b, P2b, P1b dan P4a. Mikroba S5a dengan diameter pertumbuhan paling besar memiliki kemampuan yang tidak cukup baik dalam membentuk zona bening. Sebaliknya mikroba P4a dengan diameter pertumbuhan paling kecil memiliki kemampuan yang lebih baik dibanding mikroba S5a dalam hal pembentukan zona bening. Diameter zona bening yang terbentuk mulai dari yang terbesar secara berturut-turut adalah zona bening yang dibentuk oleh mikroba A4b, P1b, A1a, P2b, S2a, P3a, P4a, S4b, S3b, P5a, S1a, A3a, S5a, A5a dan A2a. Meskipun mikroba A4b memiliki diameter zona bening yang kecil pada waktu pengamatan pertama, namun mikroba A4b memiliki kemampuan yang cukup kuat dan setabil dalam membentuk zona bening. Sehingga setiap waktu pengamatan perubahan diameter zona bening oleh mikroba A4b cukup besar.



Gambar 4.16 Indeks pelarutan oleh mikroba pelarut kalium pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Situbondo.

Berdasarkan Gambar 4.16, mikroba yang mengalami penurunan nilai indeks pelarutan adalah mikroba P1b, P3a, S5a dan A2a. Penurunan nilai indeks pelarutan tersebut juga disebabkan oleh hal yang sama seperti pada perlakuan sebelumnya. Namun penurunan nilai indeks pelarutan oleh mikroba A2a disebabkan oleh penurunan diameter zona bening pada setiap waktu pengamatan.

Pada Gambar 4.16, mikroba P1b dan A4b memiliki nilai indeks pelarutan yang sama atau hampir sama diakhir pengamatan. Namun perkembangan nilai indeks pelarutan oleh mikroba A4b lebih setabil dibandingkan dengan mikroba P1b. Hal ini dikarenakan pada Gambar 4.16, grafik nilai indeks pelarutan oleh mikroba A4b mengalami kenaikan nilai indeks pelarutan dengan selisih yang hampir sama disetiap waktu pengamatan. Nilai indeks pelarutan pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Leusit Situbondo secara berturut-turut adalah nilai indeks pelarutan oleh mikroba P1b, A4b, P2b, A1a, P4a, S2a, P3a, S4b, S3b, P5a, S1a, A3a, S5a dan A2a.

### **4.3 Jumlah Kalium Dapat Ditukar pada Media Aleksandrov Cair dengan Berbagai Sumber Kalium**

Lima belas mikroba pelarut kalium diinokulasi pada media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium. Perbedaan media Aleksandrov cair dengan Aleksandrov agar hanya terletak pada penambahan agar pada media Aleksandrov agar. Selebihnya komposisi media Aleksandrov agar dan Aleksandrov cair adalah sama. Sama halnya dengan media Aleksandrov cair, mikroba akan diuji kemampuannya pada media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium ( $K_2HPO_4$ , Feldspar Jepara, Trakhit Barru, Leusit Pati dan Leusit Situbondo).

Media Aleksandrov cair yang sudah mengandung mikroba digojog selama 5 jam setiap harinya. Analisis jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) menggunakan alat AAS dilakukan untuk mengetahui jumlah kalium yang dilarutkan oleh mikroba pada media tersebut pada saat 21 hari setelah inokulasi. Pengujian kalium dapat ditukar pada media Aleksandrov cair dilakukan di Balai Penelitian Tanah, Laboratorium Pengujian, Cimanggu Bogor.

#### **4.3.1 $K_2HPO_4$ sebagai Sumber Kalium**

$K_2HPO_4$  merupakan sumber kalium yang paling mudah larut dibandingkan dengan sumber kalium lainnya. Mikroba yang diuji pada media Aleksandrov cair dilihat kemampuannya dalam melarutkan kalium.

Tabel 4.5 Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan  $K_2HPO_4$  sebagai sumber kalium.

Mikroba	Indeks Pelarutan	Kalium dapat Ditukar (ppm)
Kontrol	-	120,06
<b>A1a</b>	<b>6,55</b>	<b>124</b>
A2a	0,31	113
A3a	0,65	116
<b>A4b</b>	<b>7,67</b>	<b>41</b>
A5a	0,41	115
<b>P1b</b>	<b>5,98</b>	<b>119</b>
<b>P2b</b>	<b>4,32</b>	<b>118</b>
P3a	1,06	118
P4a	3,41	-
P5a	0,51	127
S1a	0,71	-
<b>S2a</b>	<b>3,72</b>	<b>12</b>
S3b	0,83	122
<b>S4b</b>	<b>2,20</b>	-
S5a	0,63	-
Korelasi A		-0,04
Korelasi B		0,16

1. Perlakuan kontrol adalah media Aleksandrov tanpa pemberian mikroba;
2. Tanda minus “-“ berarti tidak ada data;
3. Komponen huruf dan angka yang dicetak tebal pada baris tertentu merupakan enam jenis mikroba yang dijadikan koleksi Laboratorium;
4. Korelasi A merupakan hubungan antara semua nilai indeks pelarutan terhadap semua nilai kalium dapat ditukar;
5. Korelasi B merupakan hubungan antara nilai indeks pelarutan enam mikroba yang dikoleksi di Lboratorium terhadap enam nilai kalium dapat ditukar oleh enam mikroba pelarut kalium yang dikoleksi di Laboratorium.

Pada Tabel 4.5 dapat dilihat bahwa jumlah kalium dapat ditukar yang terdapat dalam media Aleksandrov cair tanpa pengaruh dari mikroba sebesar 120,06 ppm. Jumlah kalium dapat ditukar tertinggi pada media Aleksandrov cair adalah 124 ppm, yakni oleh mikroba A1a. Dari lima belas mikroba pelarut kalium, hanya tiga jenis mikroba yang menunjukkan hasil jumlah kalium dapat ditukar lebih tinggi daripada jumlah kalium dapat ditukar pada media

Aleksandrov cair tanpa tambahan mikroba (kontrol), yakni mikroba P5a (127 ppm), mikroba A1a (124 ppm) dan mikroba S3b (122 ppm).

Nilai indeks pelarutan yang tinggi dengan asumsi bahwa mikroba memiliki kemampuan yang tinggi dalam melarutkan kalium tidak sesuai dengan hasil K-dd pada Tabel 4.5. Hubungan antara nilai indeks pelarutan dengan jumlah kalium dapat ditukar sangat renggang, yang ditunjukkan dengan hasil korelasi (A) yang sangat kecil mendekati angka nol (0). Enam mikroba yang dikoleksi di Laboratorium dengan nilai indeks pelarutan tertinggi juga memiliki hubungan yang renggang dengan hasil jumlah kalium dapat ditukar enam mikroba tersebut. Namun begitu, pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ , mikroba A1a yang termasuk jenis mikroba yang dikoleksi pada Laboratorium juga memiliki kemampuan cukup baik dalam melarutkan kalium. Mikroba dengan hasil jumlah kalium dapat ditukar dibawah kontrol mengindikasikan bahwa mikroba-mikroba tersebut menggunakan atau memanfaatkan kalium dapat ditukar untuk kebutuhan hidupnya. Dari lima belas mikroba yang terpilih hampir semua jenis bakteri memanfaatkan kalium dapat ditukar pada media Aleksandrove cair.

#### **4.3.2 Fekdspar Jepara sebagai Sumber Kalium**

Feldspar Jepara merupakan salah satu jenis mineral yang digunakan pada percobaan ini untuk menguji kemampuan mikroba dalam melarutkan kalium yang terkandung pada mineral Feldspar. Feldspar Jepara merupakan mineral Feldspar yang diambil di Kabupaten Jepara. Kandungan  $K_2O$  pada mineral Feldspar sekitar 6,5%.

Tabel 4.6 Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan Feldspar Jepara sebagai sumber kalium

Mikroba	Indeks Pelarutan	Kalium Dapat Ditukar (ppm)
Kontrol	0	1,05
<b>A1a</b>	<b>2,51</b>	<b>0,17</b>
A2a	0,18	0,13
A3a	2,18	0,53
<b>A4b</b>	<b>9,53</b>	<b>2,22</b>
A5a	1,82	0,37
<b>P1b</b>	<b>5,50</b>	<b>0,18</b>
<b>P2b</b>	<b>4,16</b>	<b>11,54</b>
P3a	2,07	0,2
P4a	2,49	0,27
P5a	1,69	0,31
S1a	1,64	5,25
<b>S2a</b>	<b>6,78</b>	<b>4,43</b>
S3b	2,00	12,25
<b>S4b</b>	<b>2,43</b>	<b>0,23</b>
S5a	1,07	0,15
Korelasi A		0,14
Korelasi B		0,07

1. Perlakuan kontrol adalah media Aleksandrov tanpa pemberian mikroba;
2. Tanda minus “-“ berarti tidak ada data;
3. Komponen huruf dan angka yang dicetak tebal pada baris tertentu merupakan enam jenis mikroba yang dijadikan koleksi Laboratorium;
4. Korelasi A merupakan hubungan antara semua nilai indeks pelarutan terhadap semua nilai kalium dapat ditukar;
5. Korelasi B merupakan hubungan antara nilai indeks pelarutan enam mikroba yang dikoleksi di Lboratorium terhadap enam nilai kalium dapat ditukar oleh enam mikroba pelarut kalium yang dikoleksi di Laboratorium.

Berdasarkan Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa hubungan antara indeks pelarutan dengan jumlah kalium dapat ditukar pada media Aleksandrov dengan sumber kalium Feldspar Jepara adalah renggang. Hal ini dikarenakan hasil perhitungan korelasi yang mendekati angka nol (0). Enam mikroba yang memiliki nilai indeks pelarutan tertinggi belum tentu memiliki hasil jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) yang tinggi pula. Hubungan nilai indeks pelarutan enam mikroba

yang dikoleksi dengan hasil jumlah K-dd enam mikroba tersebut juga sangat renggang. Mikroba A4b, P2b dan S2a masih merupakan mikroba yang cukup unggul karena memiliki jumlah K-dd yang lebih tinggi dari kontrol (media Aleksandrov cair tanpa pemberian mikroba). Hal ini berarti ketiga jenis mikroba tersebut mampu melarutkan kalium yang terkandung dalam Mineral Feldspar Jepara. Mikroba yang menunjukkan hasil K-dd paling tinggi adalah mikroba S3b, yakni sebesar 12,25 ppm. Selain itu mikroba S1a juga memiliki jumlah K-dd yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, meskipun mikroba S1a bukan merupakan mikroba yang memiliki indeks pelarutan yang tinggi.

#### **4.3.3 Trakhit Barru sebagai Sumber Kalium**

Trakhit merupakan jenis batuan yang mengandung kalium. Trakhit biasanya tersusun dari mineral Feldspar dan kelompok mineral feldspatoid. Kandungan  $K_2O$  pada batuan Trakhit hanya sekitar 5%. Batuan Trakhit yang diambil dari Kabupaten Barru ini biasanya lebih banyak mengandung natrium daripada kalium. Namun, pada percobaan ini mikroba juga akan diuji kemampuannya dalam melarutkan kalium yang terkandung dalam batuan Trakhit Barru.

Tabel 4.7 Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan Trakhit Barru sebagai sumber kalium

Mikroba	Indeks Pelarutan	Kalium dapat Ditukar (ppm)
Kontrol	0	-
<b>A1a</b>	<b>2,18</b>	<b>0,59</b>
A2a	0,07	0,28
A3a	1,74	1
<b>A4b</b>	<b>2,78</b>	<b>0,21</b>
A5a	1,50	-
<b>P1b</b>	<b>6,52</b>	<b>3,37</b>
<b>P2b</b>	<b>3,47</b>	<b>0,4</b>
P3a	2,09	0,16
P4a	2,65	0,3
P5a	1,50	6,34
S1a	1,30	1,15
<b>S2a</b>	<b>3,95</b>	<b>0,38</b>
S3b	1,48	0,94
<b>S4b</b>	<b>1,70</b>	-
S5a	0,69	3,72
Korelasi A		0,06
Korelasi B		0,90

1. Perlakuan kontrol adalah media Aleksandrov tanpa pemberian mikroba;
2. Tanda minus “-“ berarti tidak ada data;
3. Komponen huruf dan angka yang dicetak tebal pada baris tertentu merupakan enam jenis mikroba yang dijadikan koleksi Laboratorium;
4. Korelasi A merupakan hubungan antara semua nilai indeks pelarutan terhadap semua nilai kalium dapat ditukar;
5. Korelasi B merupakan hubungan antara nilai indeks pelarutan enam mikroba yang dikoleksi di Lboratorium terhadap enam nilai kalium dapat ditukar oleh enam mikroba pelarut kalium yang dikoleksi di Laboratorium.

Hubungan nilai indeks pelarutan semua perlakuan mikroba dengan jumlah K-dd pada media Aleksandrov yang bersumber kalium Trakhit Barru juga lemah. Nilai korelasi yang sangat mendekati angka nol (0) menunjukkan bahwa hampir tidak ada hubungan antara indeks pelarutan dan jumlah K-dd. Namun hubungan antara nilai indeks pelarutan enam mikroba dengan hasil jumlah K-dd enam mikroba tersebut cukup kuat

Tidak adanya data perlakuan kontrol pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Trakhit Barru menyebabkan tidak dapat membandingkan hasil K-dd perlakuan kontrol dengan perlakuan jenis mikroba. Hanya mikroba P1b dari enam jenis mikroba yang dikoleksi yang memiliki hasil K-dd diatas 1,0 ppm. Selain itu, mikroba P5b dan S5a juga memiliki hasil K-dd diatas 1,0 ppm, meskipun keduanya tidak termasuk enam mikroba yang memiliki nilai indeks pelarutan yang tinggi. Namun, ketiga mikroba yang memiliki hasil K-dd lebih dari 1,0 ppm belum tentu merupakan mikroba yang memiliki hasil K-dd yang lebih tinggi daripada kontrol, karena tidak adanya data kontrol.

#### **4.3.4 Leusit Pati sebagai Sumber Kalium**

Leusit adalah jenis mineral feldspatoid yang mengandung  $K_2O$  lebih tinggi daripada mineral Feldspar. Mineral Leusit Pati merupakan mineral Leusit yang diambil di daerah Kabupaten Pati. Kandungan  $K_2O$  pada mineral Leusit Pati sebesar 8,25. Leusit juga merupakan mineral yang lebih mudah larut dibandingkan mineral Feldspar.

Tabel 4.8 Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan Leusit Pati sebagai sumber kalium

Mikroba	Indeks Pelarutan	Kalium dapat Ditukar (ppm)
Kontrol	0	-
<b>A1a</b>	<b>1,56</b>	<b>1,24</b>
A2a	0,11	1,88
A3a	1,21	18,17
<b>A4b</b>	<b>2,18</b>	<b>1,42</b>
A5a	0,87	4,74
<b>P1b</b>	<b>4,37</b>	<b>1,54</b>
<b>P2b</b>	<b>3,70</b>	<b>1,16</b>
P3a	1,18	1,59
P4a	1,79	1,34
P5a	0,94	-
S1a	0,79	2,42
<b>S2a</b>	<b>2,64</b>	<b>1,66</b>
S3b	1,12	6,93
<b>S4b</b>	<b>2,08</b>	<b>15,57</b>
S5a	0,77	1,96
Korelasi A		-0,11
Korelasi B		0,31

1. Perlakuan kontrol adalah media Aleksandrov tanpa pemberian mikroba;
2. Tanda minus “-“ berarti tidak ada data;
3. Komponen huruf dan angka yang dicetak tebal pada baris tertentu merupakan enam jenis mikroba yang dijadikan koleksi Laboratorium;
4. Korelasi A merupakan hubungan antara semua nilai indeks pelarutan terhadap semua nilai kalium dapat ditukar;
5. Korelasi B merupakan hubungan antara nilai indeks pelarutan enam mikroba yang dikoleksi di Lboratorium terhadap enam nilai kalium dapat ditukar oleh enam mikroba pelarut kalium yang dikoleksi di Laboratorium.

Perlakuan kontrol pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Leusit Pati juga tidak ada. Selain itu data juga tidak ada pada perlakuan ini dengan sumber mikroba P5a. Tidak adanya data pada perlakuan kontrol dan perlakuan lainnya dikarenakan contoh yang dikirim ke Pusat Penelitian Tanah, Bogor habis sebelum dianalisis. Sehingga tidak ada data yang ditampilkan pada perlakuan kontrol dan perlakuan pemberian mikroba P5a pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Leusit Pati. Hasil K-dd pada media Aleksandrov cair

dengan sumber kalium Leusit Pati terlihat lebih besar dibandingkan perlakuan-perlakuan sebelumnya dimana Feldspar Jepara dan Trakhit Barru sebagai sumber kalium pada media Aleksandrov cair. Semua jenis mikroba yang diinokulasi pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Leusit Pati diatas 1,0 ppm. Namun, hal tersebut bukan berarti menunjukkan bahwa hasil K-dd pada semua perlakuan jenis mikroba lebih besar dibandingkan kontrol (media tanpa pemberian mikroba), karena tidak diketahuinya data kontrol. Dari enam jenis mikroba yang memiliki indeks pelarutan tertinggi, hanya mikroba S4b yang menunjukkan hasil K-dd yang lebih unggul daripada lainnya. Mikroba A3a merupakan mikroba dengan hasil K-dd terbesar pada perlakuan media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Leusit Pati, yakni sebesar 18,17 ppm meskipun mikroba A3a bukan merupakan mikroba yang memiliki indeks pelarutan yang tinggi.

Hubungan antara indeks pelarutan dengan jumlah K-dd pada media Aleksandrov dengan sumber kalium Leusit Pati juga renggang. Nilai korelasi yang hampir mendekati angka nol (0) menunjukkan hubungan antara indeks pelarutan dan hasil K-dd pada perlakuan semua mikroba sangat renggang. Begitu pula dengan hubungan antara nilai indeks pelarutan enam mikroba yang dikoleksi dengan hasil jumlah K-dd enam mikroba tersebut cukup renggang. Hal ini ditunjukkan dengan hasil perhitungan korelasi yang hanya 0,31 (Tabel 4.8).

#### **4.3.5 Leusit Situbondo sebagai Sumber Kalium**

Leusit Situbondo merupakan jenis mineral Leusit yang sama dengan mineral Leusit Pati. Perbedaan keduanya terletak pada daerah pengambilan mineral Leusit tersebut. Mineral Leusit Situbondo merupakan jenis mineral Leusit yang diambil di Daerah Situbondo. Kandungan  $K_2O$  pada Mineral Leusit Situbondo juga berbeda dengan Mineral Leusit Pati, yakni sekitar 7,86%.

Tabel 4.9 Nilai indeks pelarutan dan jumlah kalium dapat ditukar oleh lima belas mikroba pada media Aleksandrov agar dan media Aleksandrov cair dengan Leusit Situbondo sebagai sumber kalium

Mikroba	Indeks Pelarutan	Kalium dapat Ditukar (ppm)
Kontrol	0	-
<b>A1a</b>	<b>3,50</b>	<b>1,17</b>
A2a	0,16	1,29
A3a	1,09	1,34
<b>A4b</b>	<b>4,56</b>	<b>1,33</b>
A5a	0,58	1,01
<b>P1b</b>	<b>4,59</b>	<b>1,19</b>
<b>P2b</b>	<b>3,79</b>	<b>1,74</b>
P3a	2,35	1,97
P4a	2,96	1,08
P5a	1,43	2,03
S1a	1,32	1,43
<b>S2a</b>	<b>2,70</b>	<b>1,41</b>
S3b	1,57	4,59
<b>S4b</b>	<b>1,89</b>	<b>1,36</b>
S5a	0,70	1,89
Korelasi A		-0,17
Korelasi B		0,13

1. Perlakuan kontrol adalah media Aleksandrov tanpa pemberian mikroba;
2. Tanda minus “-“ berarti tidak ada data;
3. Komponen huruf dan angka yang dicetak tebal pada baris tertentu merupakan enam jenis mikroba yang dijadikan koleksi Laboratorium;
4. Korelasi A merupakan hubungan antara semua nilai indeks pelarutan terhadap semua nilai kalium dapat ditukar;
5. Korelasi B merupakan hubungan antara nilai indeks pelarutan enam mikroba yang dikoleksi di Lboratorium terhadap enam nilai kalium dapat ditukar oleh enam mikroba pelarut kalium yang dikoleksi di Laboratorium.

Semua jenis mikroba yang diinokulasikan pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Leusit Situbondo menunjukkan hasil K-dd diatas 1,0 ppm. Dari rata-rata hasil K-dd pada perlakuan ini sekitar 1,65 ppm, keenam mikroba yang memiliki indeks pelarutan yang tinggi masih memiliki hasil K-dd yang cukup baik. Hasil K-dd tertinggi pada perlakuan ini adalah media Aleksandrov cair yang diinokulasi dengan mikroba S3b, yakni sebesar 4,59 ppm. Hasil tersebut merupakan hasil K-dd terkecil diantara semua perlakuan sumber kalium,

meskipun mineral Leusit tergolong mineral yang lebih mudah larut dibandingkan mineral Feldspar. Hubungan antara indeks pelarutan dan hasil jumlah K-dd pada perlakuan semua jenis mikroba sangat lemah, yakni -0,17. Begitu pula dengan hubungan antara nilai indeks pelarutan enam mikroba dengan hasil jumlah K-dd enam mikroba tersebut yang juga lemah, yakni 0,13.

#### 4.4 Pembahasan Umum

Isolasi mikroba dilakukan pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ . Mikroba yang tumbuh dan memiliki kemampuan dalam membentuk zona bening diasumsikan sebagai mikroba yang mampu melarutkan kalium tidak terlarut yang terdapat pada media Aleksandrov agar secara kualitatif (Rajawat, 2013). Mikroba yang mampu membentuk zona bening dianggap sebagai mikroba pelarut kalium (Ghevariya, 2014).

Tabel 4.10 Indeks pelarutan oleh lima belas mikroba terpilih dengan berbagai sumber kalium

Mikroba	Sumber Kalium -				
	$K_2HPO_4$	Feldspar	Trakhit Barru	Leusit Pati	Leusit Situbondo
<b>A1a</b>	<b>6,55</b>	<b>2,51</b>	<b>2,18</b>	<b>1,56</b>	<b>3,50</b>
A2a	0,31	0,18	0,07	0,11	0,16
A3a	0,65	2,18	1,74	1,21	1,09
<b>A4b</b>	<b>7,67</b>	<b>9,53</b>	<b>2,78</b>	<b>2,18</b>	<b>4,56</b>
A5a	0,41	1,82	1,50	0,87	0,58
<b>P1b</b>	<b>5,98</b>	<b>5,50</b>	<b>6,52</b>	<b>4,37</b>	<b>4,59</b>
<b>P2b</b>	<b>4,32</b>	<b>4,16</b>	<b>3,47</b>	<b>3,70</b>	<b>3,79</b>
P3a	1,06	2,07	2,09	1,18	2,35
P4a	3,41	2,49	2,65	1,79	2,96
P5a	0,51	1,69	1,50	0,94	1,43
S1a	0,71	1,64	1,30	0,79	1,32
<b>S2a</b>	<b>3,72</b>	<b>6,78</b>	<b>3,95</b>	<b>2,64</b>	<b>2,70</b>
S3b	0,83	2,00	1,48	1,12	1,57
<b>S4b</b>	<b>2,20</b>	<b>2,43</b>	<b>1,70</b>	<b>2,08</b>	<b>1,89</b>
S5a	0,63	1,07	0,69	0,77	0,70

Komponen huruf dan angka yang dicetak tebal adalah enam mikroba yang dijadikan koleksi Laboratorium dengan indeks pelarutan tertinggi.

Berdasarkan Tabel 4.10, enam mikroba yang dijadikan koleksi di Laboratorium dengan nilai indeks pelarutan lebih tinggi daripada indeks pelarutan mikroba (mikroba A1a, A4b, P1b, P2b, S2a dan S4b) memiliki kemampuan yang sama dalam membentuk zona bening pada berbagai sumber kalium. Kemampuan “yang sama” yang dimaksud dalam hal ini adalah pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium yang berbeda enam mikroba tersebut memiliki nilai indeks pelarutan yang lebih tinggi dibandingkan indeks pelarutan mikroba lainnya. Pada perlakuan kontrol ( $K_2HPO_4$  sebagai sumber kalium) dan Feldspar Jepara sebagai sumber kalium, mikroba A4b memiliki indeks pelarutan yang tertinggi. Sedangkan pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Trakhit Barru, Leusit Pati dan Leusit Situbondo yang memiliki nilai indeks pelarutan tertinggi adalah mikroba P1b. Dari semua perlakuan, mikroba A4a memiliki nilai indeks pelarutan tertinggi pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Feldspar Jepara.

Tabel 4.11 Jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) pada media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium

Mikroba	K-dd dengan Sumber Kalium – (ppm)				
	K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	Feldspar Jepara	Trakhit Barro	Leusit Pati	Leusit Situbondo
Kontrol	120,06	1,05	-	-	-
A1a	124,00	0,17	0,59	1,24	1,17
A2a	113,00	0,13	0,28	1,88	1,29
A3a	116,00	0,53	1,00	<b>18,17</b>	1,34
A4b	41,00	2,22	0,21	1,42	1,33
A5a	115,00	0,37	-	4,74	1,01
P1b	119,00	0,18	3,37	1,54	1,19
P2b	118,00	11,54	0,40	1,16	1,74
P3a	118,00	0,20	0,16	1,59	1,97
P4a	-	0,27	0,30	1,34	1,08
P5a	<b>127,00</b>	0,31	<b>6,34</b>	-	2,03
S1a	-	5,25	1,15	2,42	1,43
S2a	12,00	4,43	0,38	1,66	1,41
S3b	122,00	<b>12,25</b>	0,94	6,93	<b>4,59</b>
S4b	-	0,23	-	15,57	1,36
S5a	-	0,15	3,72	1,96	1,89

1. Angka yang dicetak tebal merupakan nilai K-dd tertinggi pada setiap perlakuan media Aleksandrov cair;
2. Kontrol merupakan perlakuan media Aleksandrov cair tanpa pemberian mikroba;
3. Tanda minus “-“ pada tabel menunjukkan tidak ada data.

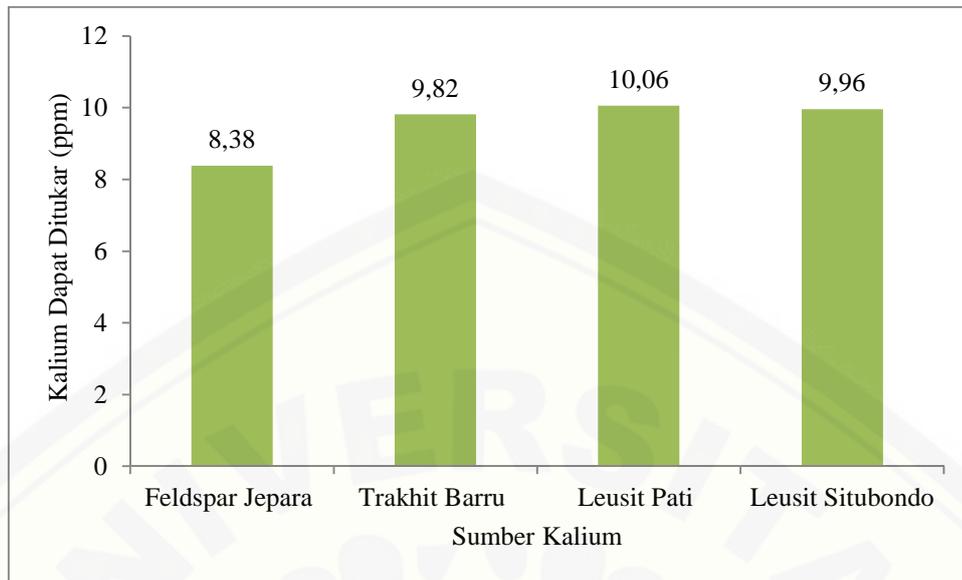
Lima belas mikroba terpilih diinokulasi pada media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium. Enam mikroba dengan nilai indeks pelarutan tertinggi (yakni mikroba A1a, A4b, P1b, P2b, S2a dan S4b) menunjukkan hasil jumlah kalium dapat ditukar yang kurang baik pada media Aleksandrov cair. Jumlah kalium dapat ditukar tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan jenis mikroba yang berbeda pada setiap perlakuan media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium. Pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, hasil jumlah kalium dapat ditukar tertinggi ditunjukkan oleh mikroba P5a. Sedangkan pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Feldspar Jepara,

Trakhit Barru, Leusit Pati dan Leusit Situbondo secara berturut-turut ditunjukkan oleh perlakuan dengan inokulan mikroba P2b, P5a, A3a dan S3b.

Pada percobaan kali ini, kontrol yang dimaksud pada media Aleksandrov cair merupakan media Aleksandrov cair tanpa pemberian isolat mikroba. Berdasarkan Tabel 4.11 dapat dilihat bahwa jumlah kalium dapat ditukar tanpa pemberian mikroba tertinggi adalah pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$ . Hal ini disebabkan  $K_2HPO_4$  merupakan bahan yang mudah larut dalam air. Sedangkan pada media Aleksandrov agar dengan sumber kalium Feldspar Jepara jauh lebih kecil, yakni 1,05 ppm. Pada tiga media berikutnya, data untuk perlakuan kontrol tidak ada dikarenakan media habis pada saat akan dianalisis, sehingga tidak dapat diketahui jumlah kalium dapat ditukar pada perlakuan kontrol tiga jenis media tersebut. Tidak semua mikroba memiliki hasil K-dd yang lebih tinggi dibandingkan kontrol. Hanya sebagian kecil saja mikroba yang memiliki hasil K-dd lebih besar dibanding kontrol, yakni mikroba A1a, P5a dan S3b pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium  $K_2HPO_4$  serta beberapa mikroba lainnya pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium yang lain sesuai pada Tabel 4.11.

Aktivitas mikroba berpengaruh langsung terhadap ketersediaan kalium di dalam larutan tanah. Hasil K-dd yang lebih besar dibandingkan kontrol disebabkan karena sebagian aktivitas mikroba tanah dapat melarutkan kalium dari ikatan kalium tak larut melalui sekresi asam-asam organik. Sedangkan hasil K-dd yang lebih kecil dibandingkan kontrol disebabkan karena mikroba juga menggunakan kalium terlarut pada media untuk aktivitas dan pembentukan sel-sel baru, sehingga terjadi pengikatan (*immobilisasi*) kalium oleh mikroba. Setiap mikroba pelarut kalium menghasilkan jenis dan jumlah asam organik yang berbeda dan terdapat kemungkinan bahwa satu jenis mikroba pelarut kalium menghasilkan lebih dari satu jenis asam organik. Kemampuan asam organik melarutkan kalium menurun seiring dengan menurunnya konstanta stabilitas asam organik menurut urutan sebagai berikut : asam sitrat > oksalat > tartat > malat > laktat > glukonat > asetat > format (Basak, 2009).

Setelah proses dekomposisi, mikroba menghasilkan asam organik seperti asam sitrat, asam format, asam malat dan asam oksalat. Asam organik tersebut dapat meningkatkan pelepasan senyawa kalium dengan menyediakan proton. Asam organik yang dihasilkan oleh mikroba dapat meningkatkan pelarutan mineral dalam tanah. Pelarutan kalium terjadi dengan pembentukan kompleks antara asam organik dan ion logam. Mikroba pelarut kalium mampu melarutkan mineral kalium seperti mika, illit dan orthoklas melalui produksi dan ekskresi asam organik (Basak, 2009). Pelarutan kalium oleh mikroba pelarut kalium ditunjukkan secara langsung dengan mengeluarkan asam organik dan larutan pengkelat ion silika untuk membawa kalium ke larutan tanah. Mikroba pelarut kalium yang menghasilkan asam organik dapat melarutkan mika dan Feldspar baik dengan cara menurunkan pH, membentuk kerangka untuk mendestabilasikan kompleks kerangka permukaan mineral atau dengan melengkapi kerangka logam (Meena, 2010). Asam organik yang diproduksi oleh mikroba pelarut kalium diantaranya asam sitrat, asam tartat dan asam oksalat yang mampu melarutkan mineral Feldspar (Sajidmohammad, 2015). Pada umumnya, pelarutan kalium dari mineral-mineral kalium disebabkan oleh produksi asam amino dan beberapa enzim oleh mikroba pelarut kalium. Selain itu, mikroba pelarut kalium juga menghasilkan asam amino, vitamin dan beberapa zat pengatur tumbuh seperti *indole-3acetic acid* (IAA) dan *gibberellic acid* (GA<sub>3</sub>) yang membantu pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Bagyalakshmi, 2012).



Gambar 4.17 Jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) pada media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium tanpa pemberian mikroba

Ketiga bahan yang digunakan dalam percobaan kali ini (Feldspar, Trakhit dan Leusit) merupakan mineral yang tergolong dalam kategori grup tektosilikat (Wikipedia, 2015). Grup tektosilikat memiliki energi pembentukan polimer yang paling besar diantara grup silikat lainnya, yakni 155.500 kg cal/mole. Energi pembentukan yang besar menunjukkan bahwa grup tektosilikat lebih tahan terhadap pelarutan baik oleh air maupun oleh asam organik (Ismail, 2005).

Grafik jumlah K-dd di atas merupakan hasil analisis jumlah K-dd pada media Aleksandrov cair tanpa pemberian mikroba yang dilaksanakan di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Berdasarkan Gambar 4.17 dapat dilihat bahwa jumlah K-dd yang paling sedikit adalah jumlah K-dd pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Feldspar Jepara, yakni 8,38 ppm yang disusul oleh jumlah K-dd pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Trakhit Barru. Jumlah K-dd pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Leusit memiliki jumlah K-dd paling banyak, baik dengan sumber kalium Leusit Pati maupun Leusit Situbondo. Berdasarkan grafik tersebut, dapat diketahui bahwa mineral Leusit memiliki tingkat pelarutan yang lebih tinggi dibandingkan Trakhit dan Feldspar.

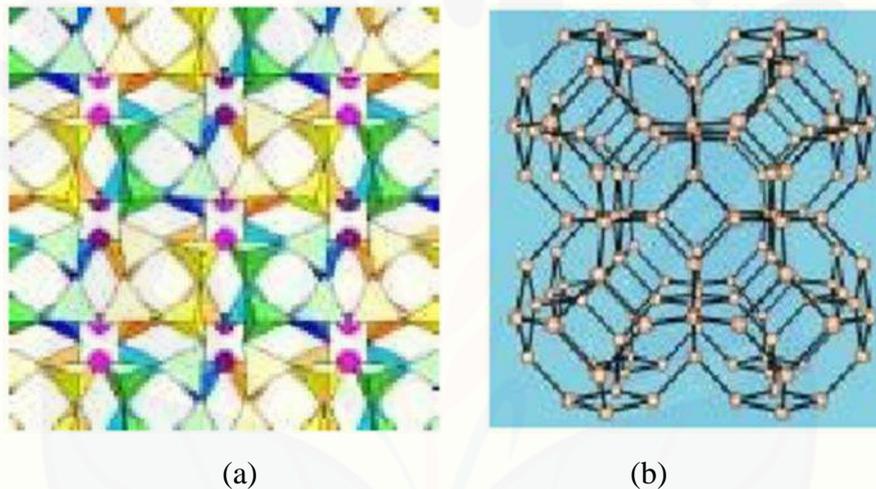
Tabel 4.12 Efisiensi pelarutan kalium dari berbagai sumber kalium

Sumber Kalium	Kandungan Kalium dalam 1 liter Media Aleksandrov (ppm)	Efisiensi Pelarutan Kalium (%)
Feldspar Jepara	195,00	0,07 – 6,28
Trakhit Barru	150,00	0,11 – 4,23
Leusit Pati	247,50	0,50 – 7,34
Leusit Situbondo	235,80	0,43 – 1,95

Tabel 4.12 menunjukkan efisiensi mikroba dalam melarutkan kalium yang terikat pada mineral-mineral kalium dalam 1 liter media Aleksandrov. Berdasarkan Tabel 4.12, kalium yang terkandung dalam mineral feldspar lebih sulit dilarutkan. Hal ini terlihat dari efisiensi pelarutan pada media Aleksandrov dengan sumber kalium Feldspar Jepara yang berkisar mulai 0,07% dari jumlah kalium yang terkandung pada media tersebut. Namun mikroba tertentu mampu melarutkan kalium yang terkandung pada media Aleksandrov dengan sumber kalium Feldspar Jepara hingga 6,28% dari jumlah kalium pada media tersebut, yakni mikroba S3b. Efisiensi pelarutan tertinggi terjadi pada media Aleksandrov dengan sumber kalium Leusit Pati, yakni berkisar dari 0,50 – 7,34%. Pelarutan kalium yang terikat pada mineral Leusit Pati pada 1 liter media Aleksandrov oleh mikroba A3a. Efisiensi pelarutan kalium oleh mikroba pelarut kalium secara berturut-turut yakni pada media Aleksandrov dengan sumber kalium Leusit Pati, Feldspar Jepara, Trakhit Barru dan Leusit Situbondo. Mikroba A3a merupakan mikroba yang paling efisien dalam melarutkan kalium pada media Aleksandrov dengan sumber kalium Leusit Pati. Sedangkan mikroba S3b, P5a dan S3b merupakan mikroba yang paling efisien dalam melarutkan kalium pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium secara berturut turut adalah Feldspar jepara, Trakhit Barru dan Leusit Situbondo.

Pelarutan mineral salah satunya dipengaruhi oleh susunan antar satuan tetrahedron atau susunan kerangka mineral. Selain itu, pelarutan mineral juga ditentukan oleh ikatan antar kerangka. Ikatan antar satuan dan ikatan antar kerangka dapat dicerminkan dari energi pembentukan grup silikat. Semakin tinggi energi pembentukannya maka semakin tahan suatu mineral terhadap pelapukan dan pelarutan baik oleh air maupun oleh larutan asam. Berdasarkan jenis

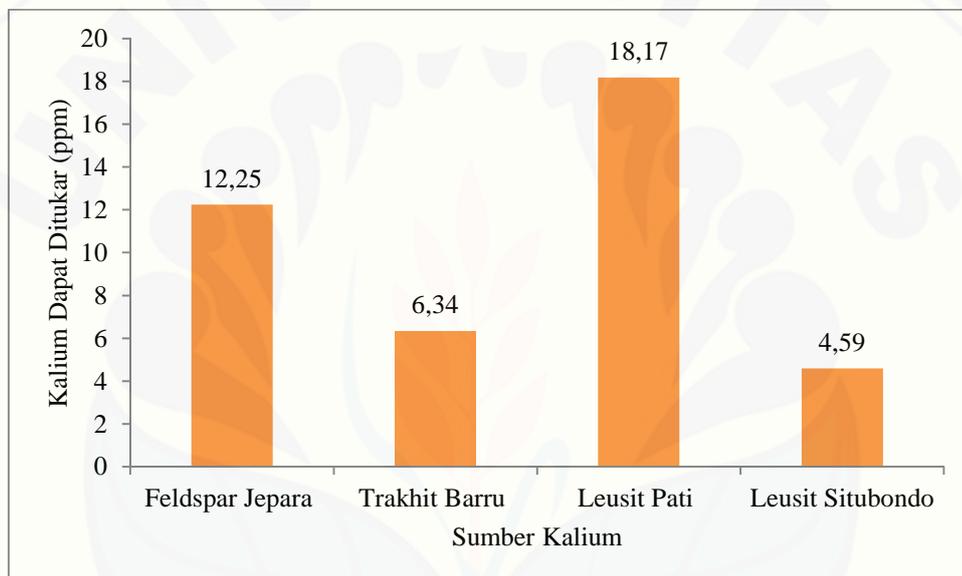
mineralnya, mineral pembentuk batuan yang paling tahan terhadap pelarutan dan pelapukan secara berturut-turut adalah Ortoklas (K-Feldspar), Plagioklas (Na-Ca-Feldspar), Kuarsa, Amfibol, Piroksen, Biotit dan Muskovit, Olivin dan Feldspatoid (Ismail, 2005). Sehingga apabila Leusit tergolong dalam Feldspatoid, dan Trakhit tersusun atas Feldspar atau Feldspatoid, maka secara berurutan mineral yang digunakan dalam percobaan kali ini yang lebih mudah larut adalah Leusit dan yang lebih sulit larut adalah Feldspar. Sedangkan Trakhit bisa saja lebih mudah atau lebih sulit larut dibandingkan Leusit. Hal ini sesuai dengan Gambar 4.17.



Gambar 4.18 Struktur mineral Feldspar (a) dan mineral Leusit (b)  
(Sumber : Wikipedia, 2015)

Mineral Feldspar dan Leusit merupakan mineral yang tergolong dalam grup tektosilikat, namun kekerasan keduanya berbeda. Feldspar memiliki kekerasan pada skala Mohs 6,0-6,5 dan Leusit memiliki kekerasan pada skala Mohs 5,5-6,0 dengan skala tertinggi adalah 10,0 (Wikipedia, 2015). Pada Gambar 4.18 dapat dilihat bahwa Leusit memiliki struktur yang lebih terbuka dibandingkan struktur Feldspar. Struktur terbuka yang dimaksud adalah ruangan yang terbentuk oleh ikatan antar satuan tetrahedron-SiO<sub>4</sub> lebih terbuka karena jumlah silikat dalam satu rantai ikatan tetrahedron-SiO<sub>4</sub> lebih sedikit dalam satu kerangka tektosilikat (Sutanto, 2005). Struktur yang lebih terbuka mengakibatkan

proton atau asam organik yang dihasilkan oleh mikroba akan lebih mudah merusak struktur mineral Leusit daripada struktur mineral Feldspar (Ismail, 2005). Sehingga mineral Leusit akan lebih mudah melepaskan kalium dibandingkan mineral Feldspar. Hal ini sesuai dengan Gambar 4.17 yang menunjukkan jumlah K-dd pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Leusit Pati yang diinokulasi dengan mikroba A3a lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya dan jumlah K-dd pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Feldspar Jepara paling rendah dibanding jumlah K-dd pada media Aleksandrov cair lainnya.



Gambar 4.19 Jumlah kalium dapat ditukar (K-dd) tertinggi pada masing-masing media Aleksandrov cair dengan berbagai sumber kalium

Sedikit berbeda dengan perlakuan kontrol (tanpa pemberian mikroba), hasil jumlah K-dd tertinggi pada masing-masing media Aleksandrov cair dengan perlakuan sumber kalium menunjukkan bahwa terdapat satu jenis mikroba yang mampu menunjukkan hasil K-dd tertinggi pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Lusit Pati. Hal ini sesuai dengan Gambar 4.17 yang menunjukkan bahwa mineral Leusit lebih mudah larut dibandingkan dengan mineral Feldspar dan batuan Trakhit. Jumlah K-dd tertinggi berikutnya (Gambar 4.19) adalah jumlah K-dd pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Feldspar Jepara, Trakhit Barru dan Leusit Situbondo, yakni secara berturut-turut sebesar

12,25 ppm, 6,34 ppm dan 4,59 ppm. Hal ini tidak sesuai dengan Gambar 4.17 dimana mineral Feldspar seharusnya lebih sulit larut dibandingkan Leusit dan Trakhit. Hal seperti ini bisa saja terjadi karena pelarutan mineral dapat dipengaruhi oleh berbagai hal, diantaranya jenis mineral, pH media, jenis dan jumlah asam organik yang dikeluarkan oleh mikroba (Ismail, 2005).

Jenis asam organik yang dihasilkan oleh mikroba pelarut kalium berperan dalam pelarutan mineral yang digunakan dalam percobaan kali ini. Seperti yang sudah dijelaskan bahwa kemampuan asam organik melarutkan kalium menurun seiring dengan menurunnya konstanta stabilitas asam organik menurut urutan sebagai berikut : asam sitrat > oksalat > tartat > malat > laktat > glukonat > asetat > format. Sifat-sifat asam organik yang penting dalam pelarutan mineral ditentukan oleh gugus karboksil dan gugus hidroksil fenolatnya. Jumlah gugus karboksil menentukan jumlah proton yang mungkin dapat dilepas. Seperti halnya asam asetat hanya ada satu proton yang mungkin dapat dilepaskan, tetapi pada asam oksalat dan juga asam sukinat dan malat ada dua proton yang mungkin dilepaskan, demikian juga pada asam sitrat mungkin dapat melepaskan tiga proton. Jumlah proton yang terlepas juga ditentukan oleh pH lingkungan (Ismail, 2005).

Mikroba S3b yang berkembang dalam media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Feldspar Jepara memiliki kemungkinan mengeluarkan jenis asam organik yang lebih banyak dan lebih baik dalam melarutkan mineral. Sehingga mikroba S3b mampu melarutkan Feldspar Jepara dengan hasil jumlah K-dd yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya meskipun mineral Feldspar tergolong jenis mineral yang lebih sulit larut dibandingkan mineral Leusit maupun batuan Trakhit. Selain itu, terdapat kemungkinan bahwa asam organik yang dikeluarkan oleh mikroba S3b merubah pH media menjadi sangat cocok untuk perkembangan mikroba. Sehingga mikroba mampu berkembang dan melarutkan kalium yang terkandung dalam mineral Feldspar dengan maksimal.

Sifat asam organik dalam pelarutan mineral umumnya ditentukan oleh faktor konsentrasi dan kereaktifannya. Konsentrasi yang makin meningkat menentukan peningkatan jumlah proton yang dapat dilepas. Sehingga makin

meningkat konsentrasi, makin meningkat pula intensitas penyerangan proton terhadap ikatan mineral. Sedangkan kereaktifan asam merupakan daya gabung dari anion organik dengan kation yang berada pada permukaan mineral yang terlepas dari ikatan mineral (Ismail, 2005). Mikroba S3b selain memiliki kemungkinan menghasilkan jenis asam organik yang lebih baik dibandingkan mikroba lainnya, jenis asam organik yang dihasilkan oleh mikroba S3b juga berkemungkinan memiliki konsentrasi yang cukup tinggi pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Feldspar Jepara, sehingga jumlah proton yang dilepas lebih banyak dan intensitas penyerangan proton terhadap ikatan mineral Feldspar Jepara juga meningkat. Maka hasil jumlah K-dd yang dihasilkan dapat lebih tinggi dibandingkan yang lainnya meskipun mineral Feldspar tergolong mineral yang lebih sulit larut dibandingkan mineral Leusit. Sebaliknya, hasil K-dd pada Aleksandrov cair dengan sumber kalium Leusit Situbondo yang mengandung mikroba S3b lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya dikarenakan mikroba S3b memiliki kemungkinan menghasilkan jenis asam organik yang memiliki kemampuan tidak lebih baik dalam melarutkan mineral dibandingkan mikroba S3b. Sehingga meskipun Leusit tergolong mineral yang lebih mudah larut dibandingkan mineral Feldspar, hasil K-dd pada media Aleksandrov cair dengan sumber kalium Leusit Situbondo lebih kecil dibandingkan perlakuan lainnya.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa :

1. Terdapat lima belas (15) mikroba pelarut kalium yang diisolasi pada media aleksandrov agar yang berasal dari Rhizosfer tanaman tebu.
2. Terdapat enam (6) mikroba yang diinventaris di Laboratorium Biologi Tanah dengan nilai indeks pelarutan tertinggi, yakni mikroba dari Rhizosfer tanaman tebu yang berasal dari daerah Asembagus dengan titik pengambilan contoh pertama dan keempat, dari daerah Pradjekan pada titik pengambilan contoh pertama dan kedua, serta dari daerah Semboro pada titik pengambilan contoh kedua dan keempat.
3. Empat mikroba yang masing-masing berasal dari daerah pengambilan contoh Semboro pada titik pengambilan ketiga, daerah Pradjekan pada titik pengambilan kelima, daerah Asembagus pada titik pengambilan ketiga dan daerah Semboro pada titik pengambilan ketiga merupakan mikroba yang memiliki hasil K-dd tertinggi pada masing-masing media aleksandrov agar dengan sumber kalium secara berturut-turut Feldspar Jepara, Trakhit Barru, Leusit Pati dan Leusit Situbondo.
4. Hasil uji kuantitatif mikroba pelarut kalium berupa hasil kalium dapat ditukar tidak menunjukkan hasil yang searah terhadap uji kualitatif yang berupa nilai indeks pelarutan.

### 5.2 Saran

Penelitian yang dilakukan merupakan penelitian awal dan dasar. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang lebih lengkap secara keseluruhan sebaiknya dilakukan penelitian terkait jenis dan konsentrasi enzim yang dihasilkan oleh mikroba pelarut kalium yang ditemukan. Selain itu juga perlu dilaksanakan identifikasi mikroba pelarut kalium serta pengujian mikroba pada beberapa jenis tanaman. Sehingga mikroba pelarut kalium yang ditemukan lebih jelas dan benar-

benar terbukti berpengaruh terhadap pelarutan mineral kalium yang berada pada tanah.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Anonime. 2012. Peranan Foam Dressing Dalam Penyembuhan Luka Kronik. *CDK-189*, 39 (1) : 68-69
- Bagyalakshmi, B., P. Ponmurugan, and S. Marimuthu. 2012. Influence Of Potassium Solubilizing Bacteria On Crop Productivity And Quality Of Tea (*Camellia sinensis*). *Agricultural Research*, 7 (30) : 4250-4259
- Basak, B. B., and D. R. Biwas. 2005. Influence Of Potassium Solubilizing Microorganism (*Bacillus mucilaginosus*) And Waste Mica On Potassium Uptake Dynamics By Sudan Grass (*Sorghum vulgare Pers.*) Grown Under Two Alfisols. *Plant Soil*, 3 (17) : 235-255
- Basyuni, Z. 2009. *Mineral Dan Batuan Sumber Unsur Hara P Dan K*. Purbalingga : Universitas Jendral Soedirman
- Bayu, S., R. Linda, dan I. Lovadi. 2015. Jamur Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Pada Tiga Jenis Tanah Rhizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca* L. var. nipah) Di Kabupaten Pontianak. *Protobiont*, 4 (1) : 160-169
- Carmichael, I. S. E. 2007. *Trachytes And Their Feldspar Phenocrysts*. London : Imperial College of Science
- Department of Geology. 2012. *Pottasium Feldspar*. Amerika Serikat : University of Minnesota
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2013. *Produksi, Luas Area Dan Produktivitas Perkebunan di Indonesia*. Jakarta : Erlangga
- Dhanraj, B. N. 2012. Bacterial Diversity IN Sugarcane (*Saccharum Officinarum*) Rhizosphere Of Saline Soil. *Biological Science*, 2 (2) : 60-64
- Edi, M. P., W. E. Widayati, dan S. Sumowijardjo. 2002. Dinamika Populasi Rhizopseudomonas Pada Permukaan Akar Tebu. *Hayati*, 9 (2) : 55-58
- Enny, W. 2013. Pentingnya Keragaman Fungsional Organisme Tanah Terhadap Produktivitas. *Tekno Hutan Tanaman*, 6 (1) : 29-37
- Ghevariya, K. K., and P. B. Desai. 2014. Rhizobacteria of Sugarcane In Vitro Screening For Their Plant Growth Promoting Potentials. *Recent Sciences*, 3 (4) : 52-58

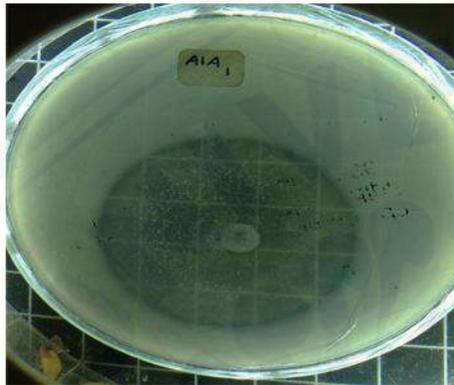
- Hadisaputro, S., K. Rochiman, P. D. N. Mirzawan, G. Sukarso, dan B. Sugiharto. Kajian Peran Hara Nitrogen Dan Kalium Terhadap Aktivitas Phosphoenolpyruvate Carboxylase Di Dalam Daun tebu Keprasan Varietas M 442-51 Dan Ps 60. *Ilmu Dasar*, 9 (1) : 62-71
- Herman, Danny Z. Pendayagunaan Mineral Untuk Menjadi Permata. *Museum Geologi*, 5 (7) : 4-5
- IMA. 2008. *Feldspar*. Europe : IMA Europe
- Ismail dan Hanudin. 2005. Degradasi Mineral Batuan Oleh Asam-Asam Organik. *Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 5 (1) : 1-17
- Lay, B. W. 1994. *Analisis Mikroba Di Laboratorium*. Jakarta : Raja Grafindo Persada
- Maya, S., T. Nurhidayati, E. Zulaika, N. M. Ashuri, dan Purwati. 2011. *Rhizobakteria Di Rhizosfer Avicennia marina Dan Pluchea indica Di Pantai Wonorejo Pantai Timur Surabaya*. Surabaya : Universitas Hang Tuah
- Meena, V. S., B. R. Maurya, dan I. Bahrudur. 2014. Potassium Solubilization By Bacterial Strain In Waste Mica. *Bangladesh J. Bot*, 43 (2) : 235-237
- Nindy. 2011. *Mineral Leusit*. [nindyflow.blogspot.com](http://nindyflow.blogspot.com). Diakses pada tanggal 9 September 2014
- Parmar, P., dan Sindhu, S. S. 2013. Potassium Solubilization by Rhizosphere Bacteria : Influence Of Nutritional And Environmental Conditions. *Microbiology Research* 3 (1) : 25-31
- Pusat Penelitian Tanah dalam Hardjowigeno, S. 1987. *Ilmu Tanah*. Medan : Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Selatan
- Rajawat, M. V. S., S. Singh, dan A. K. Saxena. 2013. A New Spectrophotometric Method For Quantification Of Potassium Solubilized By Bacterial Cultures. *Indian Journal Of Experimental Biology*, 52 (4) : 261-266
- Rhem, G., and M. Schmitt. 1997. Potassium For Crop Production. *Minnesota Extension Service*, 6 (7) : 4-9
- Sajidmohammad, A. S., Y. K. Jhala, and R. V. Vyas. 2015. Comparative Efficiency Of Five Potash And Phosphate Solubilizing Bacteria And Their Key Enzymes Useful For Enhancing And Improvement Of Soil Fertility. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5 (2) : 1-6

- Schulte, E. E., and K. A. Kelling. 2012. Soil And Applied Potassium. *Understanding Plant Nutrients*, 2 (5) : 21-32
- Selian, Rahman Aulia. 2008. *Analisa Kadar Unsur Hara Kalium (K) Dari Tanah Perkebunan Kelapa Sawit Bengkalis Riau Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*. Sumatera Utara : UNSU Press
- Shapiro, C. A. 2004. *Fertility Principles*. America : University of Minnesota
- Soemarno. 2011. *Pentingnya Hara K dan Pupuk bagi Tanaman Tebu*. Malang : Universitas Brawijaya Press
- Sparks, D. L. 2003. *Dynamics Of K In Soil And Their Role In Management Of K Nutrition*. Newark : Department Of Soil Science, University of Delaware
- Sugeng, P., A. L. Nur, A. W. T. Syaeful. 2005. Inventarisasi Dan Evaluasi Mineral Non Logam Di Kabupaten Pangkajene Kepulauan Dan Kabupaten Barru Provinsi Sulawesi Selatan. *Mineral Non Logam*, 8 (2) : 5-10
- Suntoro, W. A. 2003. *Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah Dan Upaya Pengelolaannya*. Surakarta : Universitas Sebelas Maret Press
- Sutanto, R. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah : Konsep Dan Kenyataan*. Jakarta : Kanisius
- Turner, T. R., E. K. James, and P. S. Poole. 2013. The Plant Microbiome. *Genome Biology*, 1 (4) : 209
- Wahyudi, A., D. Amalia, H. Purnomo, I. G. N. Ardha, S. Rochani, dan Sariman. 2012. Ekstraksi Kalium Dari Felspar Dan Leusit Dengan Perbandingan Metode Aktivasi: Mekanis (*Milling*) Dan Suhu Tinggi (*Roasting*). *M&E*, 10 (4) : 90-93
- Wikipedia. 2015. *Soil Minerals*. Wikipedia.com. Diakses pada tanggal 1 September 2015
- Zarjani, J. K., N. Aliasgharзад, and S. Oustan. 2013. Isolation And Characterization Of Potassium Solubilizing Bacteria In Some Iranian Soils. *Archive of Agronomy and Soil*, 59 (12) : 1716 - 1717

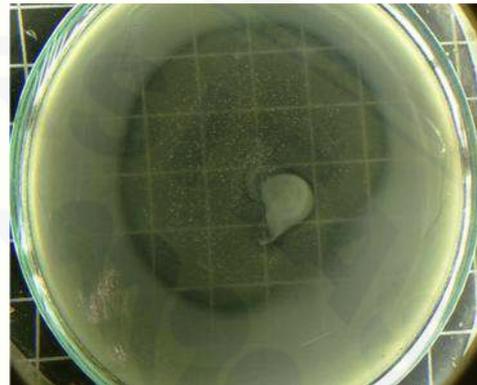
LAMPIRAN

Lampiran 1. Foto Jenis Mikroba pada Media Aleksandrov Agar dengan Berbagai Sumber Kalium yang Dikoleksi di Laboratorium Biologi Tanah.

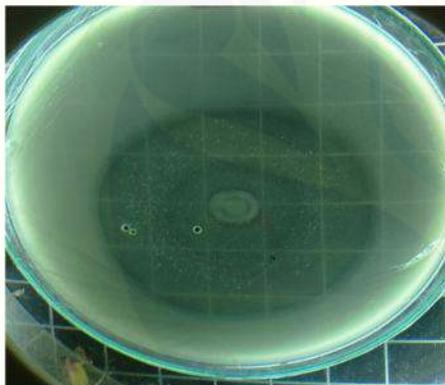
1.1  $K_2HPO_4$  sebagai Sumber Kalium.



Mikroba A1a



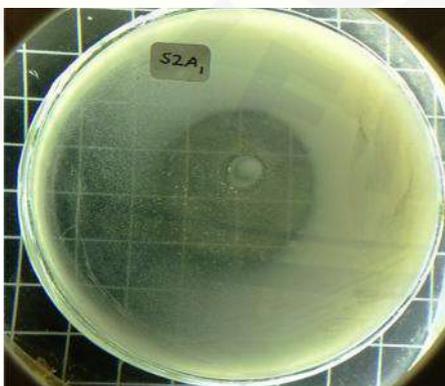
Mikroba A4b



Mikroba P1b



Mikroba P2b

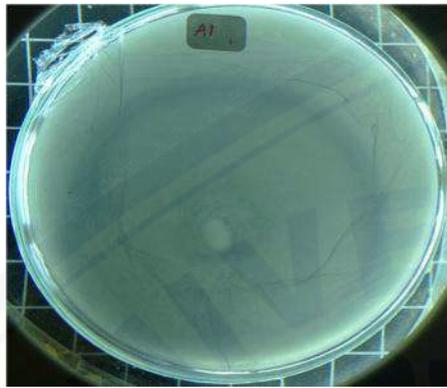


Mikroba S2a

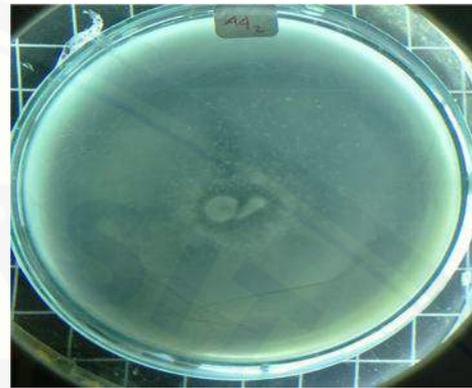


Mikroba S4b

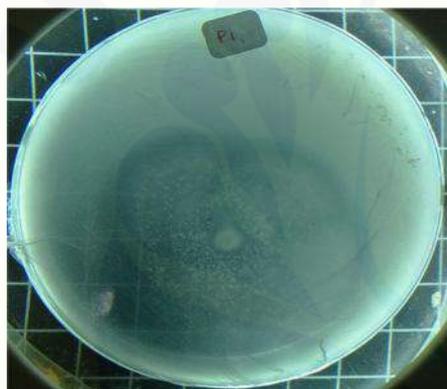
### 1.1 Feldspar Jepara sebagai Sumber kalium



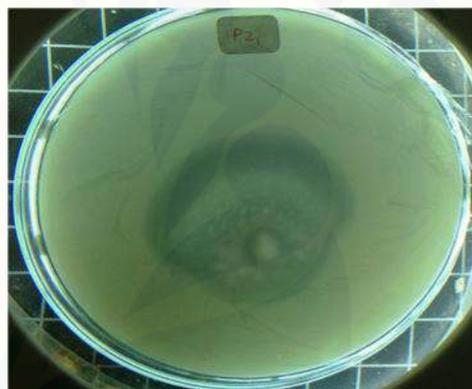
Mikroba A1a



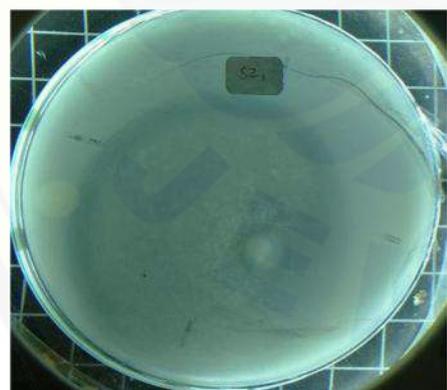
Mikroba A4b



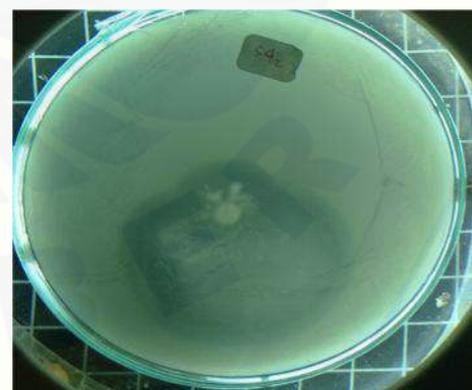
Mikroba P1b



Mikroba P2b

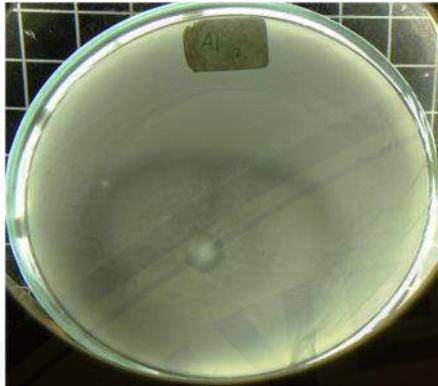


Mikroba S2a

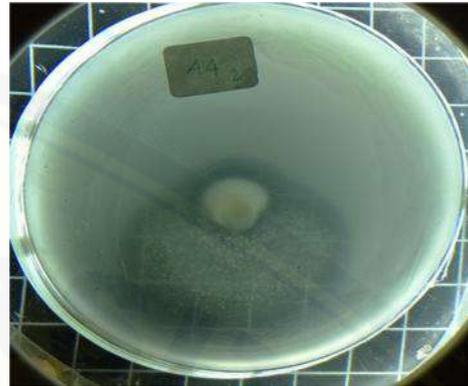


Mikroba S4b

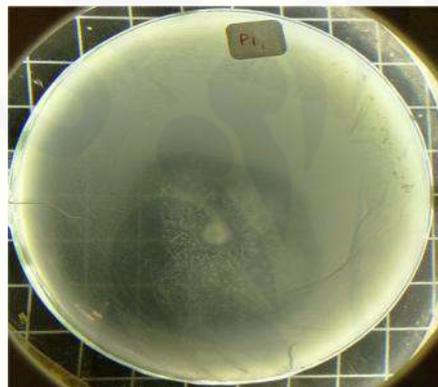
### 1.2 Trakhit Barru sebagai Sumber Kalium



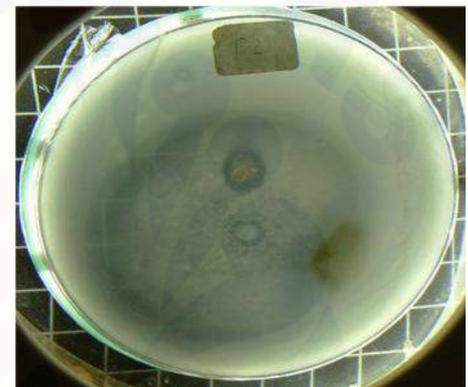
Mikroba A1a



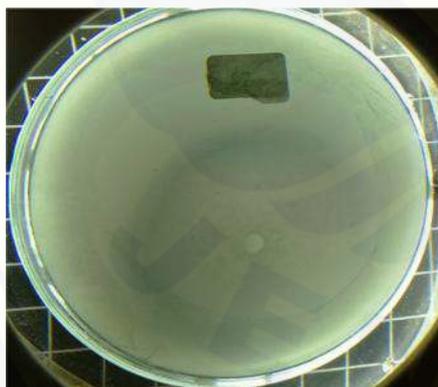
Mikroba A4b



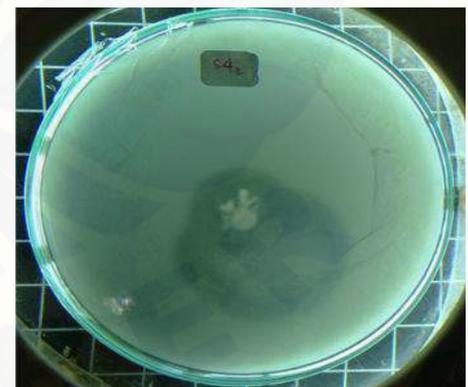
Mikroba P1b



Mikroba P2b

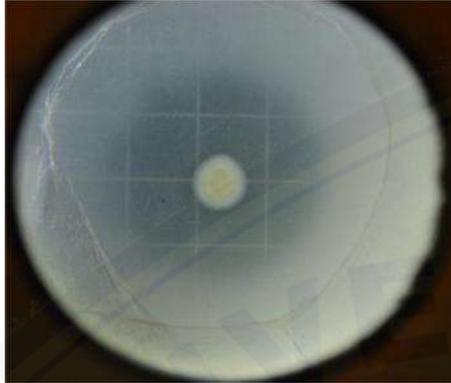


Mikroba S2a

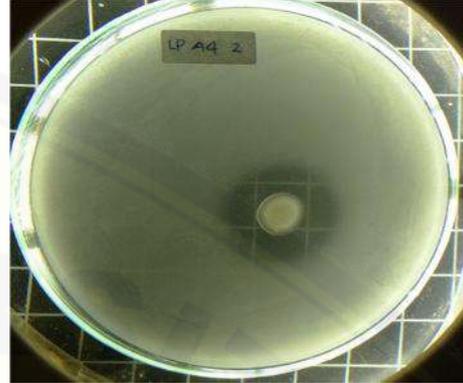


Mikroba S4b

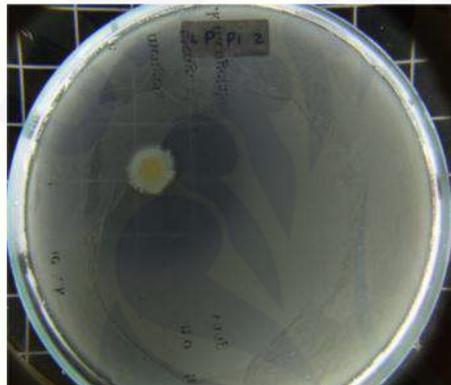
### 1.3 Leusit Pati sebagai Sumber Kalium



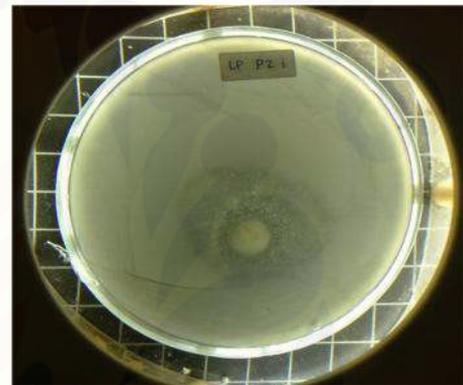
Mikroba A1a



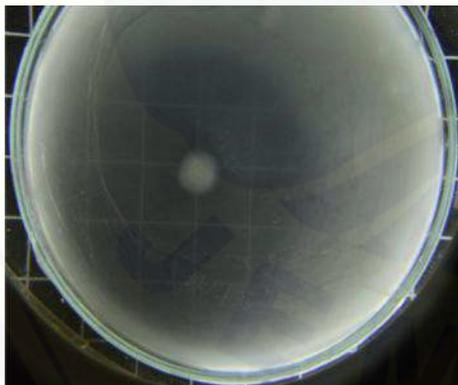
Mikroba A4b



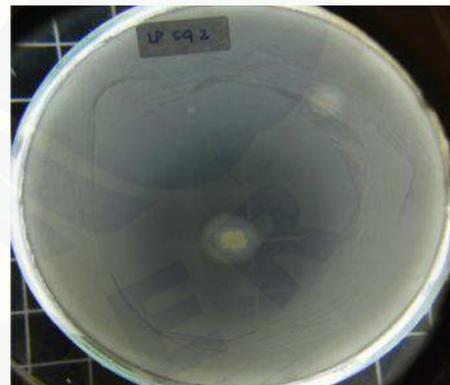
Mikroba P1b



Mikroba P2b

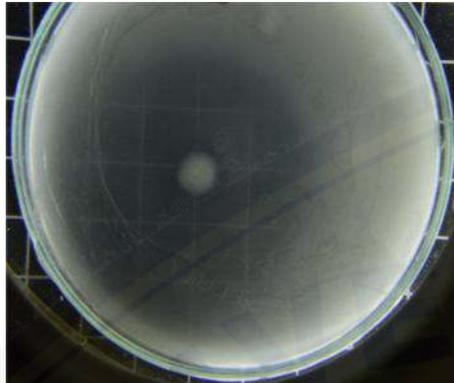


Mikroba S2a

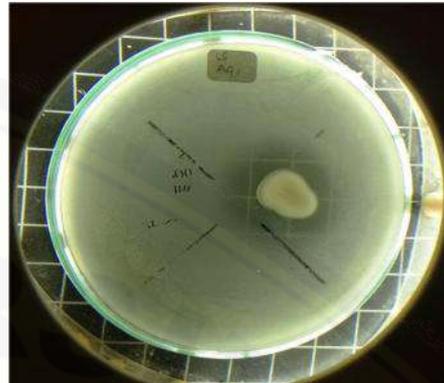


Mikroba S4b

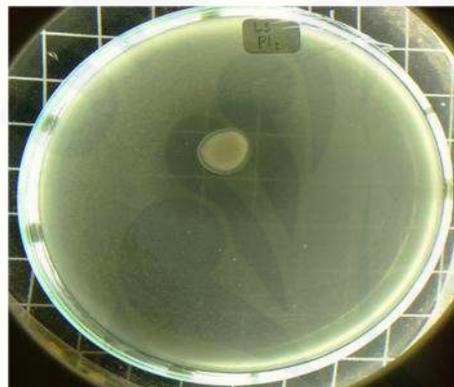
### 1.4 Leusit Situbondo sebagai Sumber Kalium



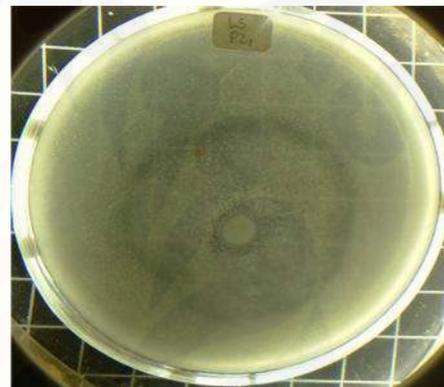
Mikroba A1a



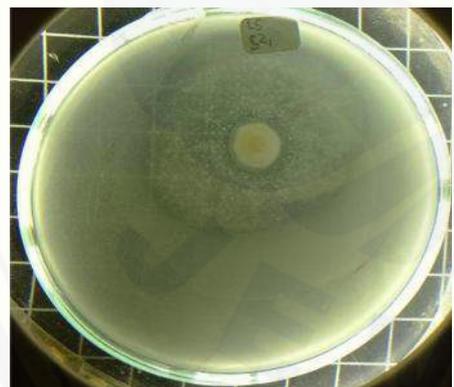
Mikroba A4b



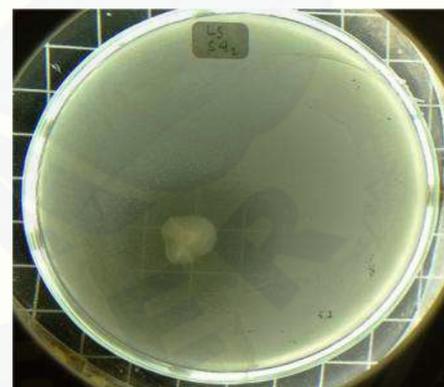
Mikroba P1b



Mikroba P2b



Mikroba S2a



Mikroba S4b

**Lampiran 2. Data hasil pengamatan pada media Aleksandrov agar****2.1 K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> sebagai sumber kalium****a. Diameter pertumbuhan mikroba**

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
A1a	7,69	8,57	8,94	9,02
A2a	7,31	7,75	7,98	8,13
A3a	5,08	5,42	6,08	6,43
A4b	7,75	7,94	8,17	8,18
A5a	7,05	8,17	9,32	9,83
P1b	7,89	8,42	9,39	9,88
P2b	10,89	11,26	12,50	13,00
P3a	7,95	8,68	9,08	9,44
P4a	8,85	9,58	10,25	10,53
P5a	7,64	8,83	9,25	9,63
S1a	3,40	4,17	5,15	5,95
S2a	7,42	7,97	8,47	8,89
S3b	6,50	6,58	7,08	7,65
S4b	8,08	8,68	10,11	10,53
S5a	7,63	13,95	14,40	14,71

**b. Diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba**

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
A1a	16,06	56,21	58,94	59,07
A2a	2,03	2,03	2,38	2,53
A3a	3,81	4,08	3,75	4,19
A4b	17,17	41,81	55,42	62,79
A5a	1,98	2,86	3,33	4,06
P1b	21,00	44,92	59,00	59,04
P2b	19,92	41,46	55,55	56,19
P3a	6,45	8,51	9,22	9,98
P4a	12,11	33,78	35,70	35,90
P5a	3,42	4,22	4,33	4,89
S1a	2,78	3,82	3,27	4,24
S2a	13,24	22,76	30,51	33,10
S3b	3,75	4,50	5,34	6,38
S4b	5,31	7,09	21,17	23,20
S5a	6,87	7,19	8,99	9,26

## c. Indeks pelarutan mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
A1a	2,09	6,56	6,59	6,55
A2a	0,28	0,26	0,30	0,31
A3a	0,75	0,75	0,62	0,65
A4b	2,22	5,27	6,79	7,67
A5a	0,28	0,35	0,36	0,41
P1b	2,66	5,34	6,28	5,98
P2b	1,83	3,68	4,44	4,32
P3a	0,81	0,98	1,02	1,06
P4a	1,37	3,52	3,48	3,41
P5a	0,45	0,48	0,47	0,51
S1a	0,82	0,92	0,63	0,71
S2a	1,79	2,86	3,60	3,72
S3b	0,58	0,68	0,75	0,83
S4b	0,66	0,82	2,09	2,20
S5a	0,90	0,52	0,62	0,63

## 2.2 Feldspar Jepara sebagai sumber kalium

## a. Diameter pertumbuhan mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
A1a	8,25	10,19	10,67	11,33
A2a	9,22	10,07	10,78	11,42
A3a	6,61	9,33	10,17	10,39
A4b	4,50	5,64	6,42	6,92
A5a	8,92	10,97	12,00	12,64
P1b	5,17	8,18	8,53	9,37
P2b	4,17	5,92	6,36	6,83
P3a	6,17	11,28	11,89	12,42
P4a	11,54	15,91	18,42	20,42
P5a	5,92	8,97	11,40	13,47
S1a	5,08	8,44	9,42	10,39
S2a	3,08	4,44	5,50	5,81
S3b	6,78	10,25	11,00	11,08
S4b	8,67	9,39	10,25	11,17
S5a	6,94	7,90	9,55	13,14

## b. Diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
<b>A1a</b>	10,97	21,77	22,58	28,42
<b>A2a</b>	0,79	1,52	1,67	2,03
<b>A3a</b>	14,14	18,50	19,94	22,69
<b>A4b</b>	16,17	45,47	53,69	65,90
<b>A5a</b>	12,92	21,95	21,92	23,03
<b>P1b</b>	14,81	20,54	28,88	51,54
<b>P2b</b>	15,67	17,45	20,16	28,42
<b>P3a</b>	13,47	16,27	20,56	25,67
<b>P4a</b>	13,68	22,68	24,44	50,89
<b>P5a</b>	14,19	17,33	21,27	22,78
<b>S1a</b>	12,69	11,49	14,50	17,03
<b>S2a</b>	17,14	26,71	32,11	39,36
<b>S3b</b>	13,64	18,05	20,48	22,17
<b>S4b</b>	14,92	20,61	25,00	27,08
<b>S5a</b>	11,47	14,21	15,73	14,03

## c. Indeks pelarutan mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
<b>A1a</b>	1,33	2,14	2,12	2,51
<b>A2a</b>	0,09	0,15	0,15	0,18
<b>A3a</b>	2,14	1,98	1,96	2,18
<b>A4b</b>	3,59	8,06	8,37	9,53
<b>A5a</b>	1,45	2,00	1,83	1,82
<b>P1b</b>	2,87	2,51	3,38	5,50
<b>P2b</b>	3,76	2,95	3,17	4,16
<b>P3a</b>	2,18	1,44	1,73	2,07
<b>P4a</b>	1,19	1,43	1,33	2,49
<b>P5a</b>	2,40	1,93	1,87	1,69
<b>S1a</b>	2,50	1,36	1,54	1,64
<b>S2a</b>	5,56	6,01	5,84	6,78
<b>S3b</b>	2,01	1,76	1,86	2,00
<b>S4b</b>	1,72	2,19	2,44	2,43
<b>S5a</b>	1,65	1,80	1,65	1,07

### 2.3 Trakhit Barru sebagai sumber kalium

#### a. Diameter pertumbuhan mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
A1a	8,89	10,44	11,58	12,75
A2a	11,33	12,08	13,67	14,67
A3a	9,08	10,22	11,08	12,48
A4b	8,20	10,42	11,92	13,57
A5a	9,33	11,75	13,17	14,08
P1b	5,00	6,33	7,33	8,08
P2b	5,58	6,75	7,92	10,42
P3a	9,75	10,83	11,75	12,33
P4a	5,17	6,33	7,25	7,92
P5a	8,42	9,92	10,67	12,31
S1a	12,67	13,42	14,75	15,83
S2a	3,75	7,50	9,58	12,33
S3b	5,94	8,33	9,67	12,42
S4b	8,42	10,83	13,00	14,92
S5a	10,72	13,58	17,00	18,92

#### b. Diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
A1a	19,89	20,97	23,86	27,83
A2a	1,00	1,00	1,00	1,00
A3a	11,42	15,84	18,00	21,66
A4b	22,05	24,75	27,64	37,71
A5a	10,67	15,17	18,50	21,08
P1b	25,27	33,92	47,33	52,67
P2b	19,83	25,25	33,75	36,17
P3a	7,87	14,33	18,58	25,83
P4a	12,31	15,42	18,08	21,00
P5a	7,33	13,50	16,83	18,50
S1a	7,10	11,11	16,00	20,53
S2a	25,92	31,25	40,83	48,75
S3b	7,64	11,44	13,33	18,33
S4b	11,33	13,92	17,00	25,33
S5a	11,69	12,33	10,67	13,06

## c. Indeks pelarutan mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
<b>A1a</b>	2,24	2,01	2,06	2,18
<b>A2a</b>	0,09	0,08	0,07	0,07
<b>A3a</b>	1,26	1,55	1,62	1,74
<b>A4b</b>	2,69	2,38	2,32	2,78
<b>A5a</b>	1,14	1,29	1,41	1,50
<b>P1b</b>	5,05	5,36	6,45	6,52
<b>P2b</b>	3,55	3,74	4,26	3,47
<b>P3a</b>	0,81	1,32	1,58	2,09
<b>P4a</b>	2,38	2,43	2,49	2,65
<b>P5a</b>	0,87	1,36	1,58	1,50
<b>S1a</b>	0,56	0,83	1,08	1,30
<b>S2a</b>	6,91	4,17	4,26	3,95
<b>S3b</b>	1,29	1,37	1,38	1,48
<b>S4b</b>	1,35	1,28	1,31	1,70
<b>S5a</b>	1,09	0,91	0,63	0,69

## 2.4 Leusit Pati sebagai sumber kalium

## a. Diameter pertumbuhan mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
<b>A1a</b>	9,42	11,53	12,33	13,22
<b>A2a</b>	4,17	7,33	8,33	9,33
<b>A3a</b>	6,56	8,19	9,83	11,17
<b>A4b</b>	4,88	9,03	10,53	12,08
<b>A5a</b>	10,00	11,08	12,33	13,58
<b>P1b</b>	7,08	8,19	10,08	11,89
<b>P2b</b>	4,92	7,92	9,58	11,50
<b>P3a</b>	4,61	7,56	9,33	10,67
<b>P4a</b>	3,92	5,83	8,23	11,42
<b>P5a</b>	8,83	10,07	11,08	11,83
<b>S1a</b>	4,75	7,33	10,64	14,40
<b>S2a</b>	4,19	7,56	10,68	12,50
<b>S3b</b>	6,28	8,12	9,18	10,08
<b>S4b</b>	5,08	8,60	9,83	11,00
<b>S5a</b>	7,17	9,07	10,08	12,08

## b. Diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
<b>A1a</b>	10,51	12,64	17,36	20,69
<b>A2a</b>	1,83	2,00	1,00	1,00
<b>A3a</b>	3,59	8,39	9,88	13,50
<b>A4b</b>	5,03	9,67	18,24	26,33
<b>A5a</b>	7,14	9,33	10,58	11,75
<b>P1b</b>	13,19	26,14	40,53	51,94
<b>P2b</b>	23,08	37,25	39,08	42,50
<b>P3a</b>	6,45	9,01	10,86	12,58
<b>P4a</b>	11,04	17,81	22,18	20,47
<b>P5a</b>	9,78	11,00	10,83	11,17
<b>S1a</b>	5,17	7,64	10,68	11,43
<b>S2a</b>	24,99	30,33	29,63	32,97
<b>S3b</b>	9,89	10,69	10,99	11,25
<b>S4b</b>	15,14	16,84	20,89	22,83
<b>S5a</b>	4,08	7,38	9,08	9,25

## c. Indeks pelarutan mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
<b>A1a</b>	1,12	1,10	1,41	1,56
<b>A2a</b>	0,44	0,27	0,12	0,11
<b>A3a</b>	0,55	1,02	1,01	1,21
<b>A4b</b>	1,03	1,07	1,73	2,18
<b>A5a</b>	0,71	0,84	0,86	0,87
<b>P1b</b>	1,86	3,19	4,02	4,37
<b>P2b</b>	4,69	4,71	4,08	3,70
<b>P3a</b>	1,40	1,19	1,16	1,18
<b>P4a</b>	2,82	3,05	2,69	1,79
<b>P5a</b>	1,11	1,09	0,98	0,94
<b>S1a</b>	1,09	1,04	1,00	0,79
<b>S2a</b>	5,96	4,01	2,78	2,64
<b>S3b</b>	1,58	1,32	1,20	1,12
<b>S4b</b>	2,98	1,96	2,12	2,08
<b>S5a</b>	0,57	0,81	0,90	0,77

## 2.5 Leusit Situbondo sebagai sumber kalium

### a. Diameter pertumbuhan mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
A1a	8,00	8,75	10,00	11,33
A2a	5,75	8,07	10,08	12,67
A3a	9,89	10,98	12,25	12,83
A4b	7,08	8,25	9,92	11,42
A5a	5,72	10,28	12,08	14,17
P1b	6,00	6,97	8,00	9,08
P2b	6,00	7,42	8,75	9,67
P3a	6,83	9,39	11,58	14,92
P4a	5,00	6,42	7,67	9,00
P5a	8,33	9,44	10,33	12,33
S1a	5,17	8,50	10,92	12,33
S2a	8,00	9,75	11,75	13,33
S3b	6,67	8,92	10,67	12,33
S4b	7,08	8,07	9,08	10,33
S5a	6,33	10,33	13,73	15,25

### b. Diameter zona bening yang dibentuk oleh mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
A1a	7,33	23,42	35,83	39,67
A2a	3,33	2,52	2,50	2,00
A3a	2,69	5,24	7,92	14,00
A4b	8,08	16,50	29,58	52,08
A5a	9,03	7,11	8,33	8,25
P1b	9,00	31,50	34,67	41,65
P2b	7,33	25,84	31,83	36,67
P3a	13,50	28,94	32,45	35,08
P4a	9,33	18,67	23,06	26,67
P5a	8,67	10,81	14,92	17,67
S1a	8,92	10,19	13,69	16,33
S2a	6,25	12,58	25,08	36,00
S3b	8,00	11,83	16,22	19,33
S4b	8,17	10,29	11,50	19,50
S5a	9,33	9,61	10,10	10,75

## c. Indeks pelarutan mikroba

Mikroba	Hari ke - Setelah Tanam			
	4	7	10	13
A1a	0,92	2,68	3,58	3,50
A2a	0,58	0,31	0,25	0,16
A3a	0,27	0,48	0,65	1,09
A4b	1,14	2,00	2,98	4,56
A5a	1,58	0,69	0,69	0,58
P1b	1,50	4,52	4,33	4,59
P2b	1,22	3,48	3,64	3,79
P3a	1,98	3,08	2,80	2,35
P4a	1,87	2,91	3,01	2,96
P5a	1,04	1,14	1,44	1,43
S1a	1,73	1,20	1,25	1,32
S2a	0,78	1,29	2,13	2,70
S3b	1,20	1,33	1,52	1,57
S4b	1,15	1,28	1,27	1,89
S5a	1,47	0,93	0,74	0,70